This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68
ENG

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1897

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le ***Bulletin.***

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1897

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

--

1897

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1897

N° 7

Sommaire des séances du mois de juillet 1897 :

1° *Décès* de MM. Ch. Chuwab et A. Collet (Séances des 2 et 16 juillet), pages 8 et 17;

2° *Décorations* (Séances des 2 et 16 juillet), pages 8 et 17;

3° *Médaille d'or décernée à M. A. Lencauchez, par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (Séance du 2 juillet), page 8;

4° *Nominations :*

De M. H. Couriot comme membre du Comité des Travaux publics des Colonies (Séance du 2 juillet), page 8;

De Membres de la Société comme Membres de la Commission supérieure des Expositions rétrospectives des Beaux-Arts et des Arts décoratifs (Séance du 2 juillet), page 9;

De M. E. Lippmann, Président de la Société, comme membre de la Commission technique chargée d'étudier les questions se rattachant à l'alimentation de Paris et de la banlieue en eau potable (Séance du 16 juillet), page 17;

De MM. H.-Ch. Bunel et R.-V. Picou, comme membres du Comité consultatif appelé à donner son avis sur les mesures de préservation contre les dangers d'incendie dans l'enceinte de l'Exposition universelle de 1900 (Séance du 16 juillet), page 17;

De M. Louis Martin, ancien Président de la Société, comme Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes (Séance du 16 juillet), page 17;

163396

De Membres de la Société, comme membres du Jury international des récompenses à l'Exposition de Bruxelles (Séances des 2 et 16 juillet), pages 8 et 18;

5° *Congrès de Stockholm* (Avis relatif aux conditions de transport des personnes qui se rendront au) (Séance du 2 juillet), page 9;

6° *Concours pour monte-courroie portatif* (Programme d'un) établi par l'Association des Industriels de France, contre les accidents du travail (Séance du 2 juillet), page 9;

7° *Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Cardiff, du 3 au 6 août.* (Séance du 2 juillet), page 9;

8° *Concours de 1897 de la Société Industrielle du Nord de la France* (Programme des questions proposées pour le) (Séance du 2 juillet), page 9;

9° *Travaux publics à exécuter à l'étranger.* — Communiqués du Ministère des Colonies et du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes (Séances des 2 et 16 juillet), pages 9 et 18;

10° *Lettre de M. Durand* (Séance du 2 juillet), page 9;

11° *Laboratoire d'essai des matériaux* (Examen de la question relative à la création d'un) (Séance du 2 juillet), page 10;

12° *Décimalisation de l'heure et de la circonférence* (Rapport de la Commission de la Société) (Séance du 2 juillet), page 10;

13° *Réservoirs du Nil* (Les) par M. E. Badois. Lettre de M. J. Marié et observations de M. E. Badois (Séance du 2 juillet), page 11;

14° *Exposition des chemins de fer de l'État belge, à Bruxelles* (L'), par M. Lavezzari et observations de M. A. Lencauchez (Séance du 2 juillet), page 13;

15° *Yacht Architecture* (Analyse de l'ouvrage de M. Dixon Kemp), par M. L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 2 juillet), page 15;

16° *Étude sur le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge*, par M. A. Lencauchez (Séance du 2 juillet), page 16;

17° *Exposition de Bruxelles* (Invitation des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Bruxelles, Gand et Louvain, à venir visiter l') (Séance du 16 juillet), page 18;

18° *Exposition de Turin en 1898* (Envoi de documents par le Comité franco-italien de l') (Séance du 16 juillet), page 18;

19° *Adjudication du service des eaux potables de la ville de Belem* (Séance du 16 juillet), page 18;

20° *Chemin de fer du Sénégal au Niger*, par M. le capitaine Calmel (Observations au sujet de la communication du 5 mars 1897), par M. J.-A. Boyer et M. le capitaine Calmel (Séance du 16 juillet), page 18;

21° *Machine atmosphérique de Polsounow*, par M. Henri Chevalier (Séance du 16 juillet), page 20;

22° *Art de l'Ingénieur en Corée* (L'), par M. Henri Chevalier (Séance du 16 juillet), page 20;

23° *Gisements de phosphates de chaux dans les départements de Constantine et d'Alger* (Les), par M. L. Chateau (Séance du 16 juillet), page 21;

Mémoires contenus dans le bulletin de Juillet 1897 :

24° *Etude sur le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge*, par M. A. Lencauchez, page 22;

25° *La machine atmosphérique de Polsounow (1765)*, par M. Tchijewsky, page 30;

26° *Sur la recherche des eaux souterraines*, par M. P. Chalon, page 38;

27° *Chronique* n° 211, par M. A. Mallet, page 93;

28° *Comptes rendus*, — page 106.

Pendant le mois de juillet 1897, la Société a reçu :

36677 — De M. W. S. Auchincloss. *Waters within the carth and laws of raineflow, by W. S. Auchincloss* (in-8° de 43 p.). Philadelphie, 1897.

36678 — De M. H. Haguet (M. de la S.). *Ministère des Travaux publics. Rapport fait au nom d'une commission extra-parlementaire chargée de l'étude des questions relatives à l'institution de colis agricoles, par Henry Haguet* (petit in-4° de 20 p.). Paris, 1897.

36679 — De M. W. Grenier : *Les installations hydrauliques de l'usine hydro-électrique de Chèvres, canton de Genève, par M. W. Grenier* (in-8° de 14 p. avec 1 pl.). Lausanne, 1897.

36680 — De M. G. Sautereau : *Les Mines d'or en France. Note sur la situation géographique et la valeur des gisements aurifères et argentifères de La Gardette (Isère), présentée à la Société de Géographie, par G. Sautereau* (in-8° de 16 p.). Paris, Imp. des Arts et Manufactures et Dubuisson, 1897.

36681 — De M. Urban (M. de la S.). *Chemin de fer grand Central Belge. Direction de la traction et du matériel. Compte rendu de l'exercice 1896.* Bruxelles, 1897.

36682 — De M. Guyenet (M. de la S.). *Exposition universelle de 1900. Plate-forme mobile électrique à deux vitesses pour le transport des voyageurs à l'intérieur de l'Exposition, système Blot, Guyenet et de Mocomble. Exposé technique* et *notice descriptive et comparative, par MM. Guyenet et de Mocomble* (petit in-4° de 55 p. et petit in-4° de 29 p. avec 5 pl. même format et 3 pl. grand in-f°.) Paris, Imp. nouvelle 1897.

36683 — De l'École spéciale d'architecture : *École spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1897, 1re épreuve : Projet. La Chesneraye.* Paris, Delalain frères, 1897.

36684 — De l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail : *Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, année 1897, n° 9.* Paris, siège de l'Association, 1897.

36685 — De MM. P. Vicq-Dunod et C^ie^, éditeurs (M. de la S.). *Génie, Le Génie. Ses travaux spéciaux, ses services annexes, par Onésime Roux* (Bibliothèque du conducteur de travaux publics) (in-16 de 498 p. avec 371 fig. et 1 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

36686 — De M. R. Canevari : *Atti della Commissione di Vigilanza sui Lavori di Sistemazione del Tevere. Anno 1896. Degli effetti, sulle piene del Tevere, della sistemazione eseguita. Relazione Canevari* (grand in-8° de 38 p. avec 3 pl.). Roma, 1897.

36687 — De la Chambre de commerce de Rouen : *Chambre de commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1896.* Rouen, Lapierre, 1897.

36688 — De l'Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des Mines : *Association amicale des élèves de l'Ecole nationale supérieure des Mines. 33^e^ annuaire 1896-1897.* Paris, siège social, 1897.

36689 — De M. Ch. Compère (M. de la S.). *Compte rendu des séances du 15^e^ Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Bruxelles en 1891.* Paris, E. Capiomont et C^ie^, 1897.

36690 — De M. Ad. Bouvier (M. de la S.). *Société technique de l'industrie du gaz en France. Rapport de M. Ad. Bouvier sur le gaz à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896* (grand in-8° de 151 p. avec 9 pl.). Paris, P. Mouillot, 1897.

36691 — De MM. Albert Lévy et Félix Marboutin (M. de la S.). *Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau de mer, par MM. Albert Lévy et Félix Marboutin* (petit in-4° de 3 p.). (Extrait des comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 3 mai 1897). Paris, Gauthiers-Villars et fils, 1897.

36692 — De M. Maurice Dibos (M. de la S.). *Voyages aériens au long cours. Les aérostats et l'exploration du continent africain, par Léo Dex et Maurice Dibos* (in-8° de 222 p. avec 21 fig. et 1 carte). (Extrait de la Revue maritime et coloniale.) Paris, L. Baudoin, 1892.

36693 — Dito. *Voyages aériens au long cours. Les aérostats et la traversée de l'Afrique australe, par Léo Dex et Maurice Dibos, annexe de l'ouvrage : Les aérostats et l'exploration du continent africain* (in-8° de 24 p. avec 1 carte). Paris, L. Baudoin, 1894.

36694 — De M. G.-R. Henderson (M. de la S.). *American Railway Master Mechanics' Association. Office of Secretary. Report of Committee on ratios of grate area, heating area and cylinder volume* (in-8° de 15 p. avec 10 tabl.). Roanocke, 1897.

36695 — De M. O. Chanute : *Recent experiments in gliding flight, by O. Chanute* (in-8° de 24 p. avec 7 pl.) (pages 30 à 53 de The Aeronautical Annual, 1897, n° 3). Boston and London, 1897.

36696 — De M. Ed. Badois (M. de la S.). *Rapport sur l'épandage et l'utilisation agricole des eaux d'égout à Berlin, par M. Ed. Badois* (in-8° de 30 p.). (Société des Agriculteurs de France). Paris, Hôtel de la Société, 1897.

36697 — Dito. *Troisième Congrès annuel de la propriété bâtie de France, Paris, 1897. Section IV. Le tout à l'égout. Rapport de M. Badois* (in-8° de 44 p.). Paris, Guérin, Derenne et C^ie^, 1897.

36698 à 36727 — De M. Ch. Lefrançois (M. de la S.). *Encyclopédie moderne. Dictionnaire abrégé des Sciences, des Lettres, des Arts, de l'Industrie, de l'Agriculture et du Commerce. Nouvelle édition entièrement refondue et augmentée de près du double, publiée par MM. Firmin Didot frères, sous la direction de M. Léon Renier* (27 vol. in-8° de texte et 3 atlas, même format). Paris, Firmin Didot frères, 1846 à 1852.

36728 — De M. F. Ranieri : *Studio di travi elastiche rettilinee vincolate in più di due punti. Nota dell' Ing. Feilippo Ranieri* (Estratto del Giornale del Genio Civile, anno 1897). Roma, 1897. (In-8° de 38 p. avec 1 pl.).

36729 — Du Chemin de fer Grand Central belge : *Chemin de fer Grand Central belge, Direction des Voies et Travaux. Compte rendu de l'Exercice 1896.* Bruxelles, 1897.

36730 — De l'École supérieure du Commerce : *Annuaire de l'Union amicale des anciens élèves de l'École supérieure du Commerce. Compte rendu de la 26^e^ Assemblée générale et du Banquet du 14 février 1897. 26^e^ année* (in-8° de 184 p.). Paris, École supérieure du Commerce, 1897.

36731 — De la Chambre de Commerce de Dunkerque : *Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire de Dunkerque, 1896.* Dunkerque, Paul Michel, 1897.

36732 — De la Société de Géographie de l'Est. *Liste générale des membres de la Société de Géographie de l'Est. Année 1897.* Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1897.

36733 — De M. A. Mallet (M. de la S.) : *La Machine Compound. Conférence par A. Mallet.* (Extrait du Bulletin de la Société industrielle de l'Est. Année 1897, 2^e^ fascicule) (in-8° de 41 p.). Nancy, Imp. Nancéienne, 1897.

36734 — De M. E. Haerens : *Formule de flexion des longues pièces comprimées de forme non prismatique, par E. Haerens.* (Extrait des Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand, t. XX, 2^e^ livraison) (in-8° de 7 p.). Gand, 1897.

36735 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs : *La Revue scientifique et industrielle de l'année, par J.-L. Breton. Année 1897. Premier volume* (in-4° (23 × 28) de 660 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36736 à 36738 — De K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus: *Jahrbücher der K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus: Officielle Publication, Jahrgang, 1894, 1895, 1896.* Wien, 1894 à 1896.

36739 — De M. H. Lagrésille : *Essai philosophique. Quel est le point de vue le plus complet du monde? et quels sont les principes de la Raison universelle? par Henry Lagrésille* (in-16 de 135 p.), Paris, Berger-Levrault et Cie, 1897.

36740 — De Stahl und Eisen : *Stahl und Eisen, Bezugsquellen-Nachweiser zusammengestellt aus den Anzeigen-Anhang der Zeitschrift Stahl und Eisen, 1897.* Dusseldorf, 1897.

36741 — *L'estuaire de la Seine. Avis d'un ingénieur sur les travaux d'amélioration. Revu par l'auteur et réimprimé aux frais de la Société de défense des intérêts de la vallée de la Seine.* (in-8° de 40 p. avec 4 pl.). Rouen, L. Wolf, 1897.

36742 — De la Société industrielle de Mulhouse : *Société industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en Assemblée générale le 26 mai 1897 à décerner en 1898* (grand in-8° de 63 p.). Mulhouse, 1897.

36743 — De The Institution of Civil Engineers : *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXVII. 1896-97. Part II.* London, 1897.

36744 — Dito. *Report of Proceedings at the Annual General Meeting of the Institution of Civil Engineers held 27 avril, 1897* (in-8° de 59 p.). London, 1897.

36745 — De M. E. Cacheux (M. de la S.) : *Congrès international des habitations à bon marché. Bruxelles, 1897. Rapports préparatoires. De la construction de maisons à plusieurs logements. Rapport sur la VIIe question, par E. Cacheux* (in-8° de 10 p.).

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

M. Albert,	présenté par MM.	Lippmann, Zbyszewski, de Dax.
A. Aufort,	—	Lippmann, L. Dulac, Mollard.
Ch. Cancé,	—	Lippmann, Bert, Sallenave.
L. Chevallier,	—	Lemoine, Panassié, Taragonet.
M. Davidsen,	—	Bourry, Candlot, Musnier.
M. Descamps,	—	A. Bellet, H. Bellet, Forest.
E. Favier,	—	Lippmann, Lévi, M. Pereire.
J.-E.-L. Gannat,	—	Lippmann, Eyrolles, Jolibois.

Ch. Hubert, présenté par MM. Daydé, Pillé, Collin.
G.-L. Jouanne, — Lippmann, Dumont, Faucon.
H.-L. Laymet, — Lippmann, Dumont, Moreau.
A.-E. Menjou, — Lippmann, Dumont, Faucon.
F. Murtinho, — Lippmann, Alvim, Teixeira-Soares.
C. de Niemeyer, — Lippmann, Alvim, Teixeira-Soares.
L.-H. Oudin, — Lippmann, G. Dumont, Walbaum.
H.-A. Prévost, — Ferrière, Mocqueris, Valensi.
G. Richard, — Dumont, Baignères, Diligeon.
F.-A. Rousseau, — Lippmann, Langlois, de Dax.
H.-R. Seyrig, — Duparchy, Elwell, Seyrig.

Comme Membres associés, MM. :

A. Bajac, présenté par MM. Lippmann, Bouillard, de Dax.
J.-V. Bar, — Lippmann, Bouillard, de Dax.
E. Barrière, — Foiret, Gueguen, Siry.
H. Beau, — Buquet, Chincholle, Dewavrin.
E. Deutsch, — Lippmann, Deutsch, Remaury.
P. Marchasson, — Lippmann, de Chasseloup-Laubat, Mongon.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 JUILLET 1897

PRÉSIDENCE DE M. L. REY, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de notre Collègue, Ch. Chuwab, membre de la Société depuis 1855. A été Ingénieur des Forges du Creusot, de Terre-Noire-Bessèges et de Decazeville, puis Conseil en matière de constructions industrielles et mécaniques.

M. LE PRÉSIDENT a la satisfaction de faire part des distinctions et nominations suivantes :

M. Grand-Pacha a été nommé Grand-Officier de l'Ordre Impérial de l'Osmanieh ;

M. F.-L. Barbier a été nommé Officier d'Académie ;

M. A. Lencauchez a obtenu de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, une médaille d'or, pour ses travaux sur les gazogènes et l'emploi des gaz combustibles ;

M. H. Couriot a été nommé membre du Comité des Travaux publics des colonies.

Sont nommés Membres du Jury international des récompenses de l'Exposition internationale de Bruxelles :

MM. Durey, Thirion, Biver, Guilbert-Martin, Pierron, Lorilleux, Cornuault, Grouvelle, Beau, Fontaine, Carpentier, de Dion, Salomon, Barbet, Gévelot, E. Schneider, Compère, Vautier, Roger, Dardenne, Marsaux, de Nervo, Mesureur, Gruner, Pinget, Peugeot, Michelin.

Sont nommés Membres de la Commission supérieure des Expositions rétrospectives des Beaux-Arts et des Arts décoratifs :

MM. G. Berger, H.-C. Bouilhet, L. Delaunay-Belleville, P. Garnier, le colonel Laussedat, A. Rouart, baron G. de Rothschild, baron E. de Rothschild, A. Sacquin et A. Sommier.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; cette liste est fort heureusement assez longue: on la trouvera à la suite du procès-verbal ; M. le Président tient cependant à signaler : « *Les aérostats et l'exploration du continent africain* » ainsi que « *Les aérostats et la traversée de l'Afrique australe* », par MM. Léo Dex et M. Dibos, ouvrages couronnés par l'Académie des sciences.

M. Dibos fait remarquer dans la lettre qui accompagne ces ouvrages qu'il les envoie dans l'espoir qu'ils paraîtront intéressants au moment de la discussion de la communication de M. Surcouf sur l'expédition en ballon au pôle Nord.

Un rapport sur *le gaz à l'Exposition de Berlin en 1896*, par M. Ad. Bouvier.

Divers ouvrages en Anglais offerts par MM. G.-R. Henderson et O. Chanute.

Enfin, de M. E. Badois, deux rapports sur des questions d'assainissements de villes; le premier est relatif à l'épandage et à l'utilisation agricole des eaux d'égout à Berlin; le second traite du tout à l'égout et a été approuvé à l'unanimité par le Congrès de la propriété bâtie auquel M. Badois était un de nos délégués.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu plusieurs avis qui intéressent nos Collègues à différents titres; ce sont :

Du Président de l'Association Internationale pour l'essai des matériaux, un avis relatif aux conditions de transport des personnes qui se rendront au Congrès de Stockholm.

De l'Association des Industriels de France, contre les accidents du travail, le programme d'un concours pour monte-courroie portatif.

Le programme du Meeting de l'*Iron and steel Institute*, qui se tiendra, cette année, à Cardiff, du 3 au 6 août; cet avis demande que les personnes qui désireront prendre part aux diverses excursions le fassent connaître sans retard si elles veulent bénéficier des avantages qui pourront être accordés.

De la Société Industrielle du Nord de la France, le programme des questions proposées pour le Concours de 1897.

Du Ministère des Colonies :

a) Programme de la construction du pont métallique de Guet N'Dar à Saint-Louis (Sénégal),

b) Conditions relatives à l'adjudication de la charpente métallique d'un pont à établir sur la rivière du Mos au lieu dit « Escalier » route de Salazie (Réunion).

c) Conditions d'adjudication pour la construction et l'exploitation d'un appontement à Grand-Bassam.

Enfin, nous avons reçu une lettre de notre Collègue M. Durand, à

Miramont (Lot-et-Garonne), qui se met à la disposition des Membres de la Société qui voudraient avoir des renseignements sur le Mexique et le Mozambique où il a fait de longs séjours.

Tous ces documents sont déposés au Secrétariat à la disposition de nos Collègues.

L'ordre du jour appelle l'examen de la question relative à la création d'un *Laboratoire d'essais des matériaux*.

M. le Président rappelle que, dans une précédente séance, il a été décidé qu'une Commission serait nommée pour examiner la question. Le Comité avait établi une liste comprenant les noms d'un grand nombre de Collègues spécialement compétents dans la matière, mais ce nombre dépassait celui que le Règlement autorise à nommer, lequel ne doit pas être supérieur à cinq.

Pour rester dans les termes de l'article 25 du Règlement, le Comité propose de nommer une Commission de cinq Membres. Il est bien entendu qu'elle aura le droit de s'adjoindre à titre consultatif tous les Membres de la Société qui pourront l'aider dans sa tâche ; de sorte que la Commission, au lieu d'être composée d'une trentaine de Membres, sera composée de cinq Membres titulaires, et d'un nombre plus ou moins grand de Collègues qu'il lui conviendra de s'adjoindre à titre consultatif.

M. le Président propose de nommer, pour la Commission de cinq Membres, les Collègues suivants :

MM. Buquet, Baudry, du Bousquet, Candlot et Dumont.

Personne ne proposant d'autres noms, il est procédé au vote. Les Collègues ci-dessus sont élus à l'unanimité.

La question de la décimalisation de l'heure est aussi inscrite à l'ordre du jour.

M. le Président donne la parole à M. A. Lavezzari pour la lecture du nouveau rapport que la Commission compétente l'a chargé de rédiger.

M. A. Lavezzari lit le rapport suivant :

Rapport de la Commission de décimalisation de l'heure et de la circonférence.

Nous ne répéterons pas dans ce rapport les motifs qui ont poussé le Comité de notre Société à nommer une Commission pour l'étude de la question de la décimalisation de l'heure et de la circonférence; on les trouvera dans le premier rapport lu à la séance du 21 mai dernier.

Nous rappellerons seulement que les conclusions de ce rapport ont donné lieu à une intéressante discussion au cours de laquelle des éléments nouveaux ont été produits qui ont paru de nature à modifier les vœux proposés, et que la Commission a été invitée par un vote de l'assemblée à étudier de nouveau la question en tenant compte des observations qui avaient été présentées.

En conséquence, la Commission a tenu de nouvelles séances auxquelles elle a prié d'assister ceux de nos Collègues qui avaient pris la plus grande part à la discussion.

Après avoir entendu et discuté toutes les opinions qui ont été exprimées, la presque unanimité de la Commission a cru devoir adopter les conclusions suivantes :

1° En ce qui concerne la numération des heures de 0 à 24, considérant que cette modification est déjà appliquée dans plusieurs pays depuis un temps assez long pour qu'il soit pratiquement établi qu'elle n'a causé aucun trouble sérieux dans les habitudes et, qu'au contraire, elle a été acceptée avec une certaine faveur aussi bien dans le public que dans le monde savant, en raison des avantages incontestables qu'elle présente, notamment dans la rédaction et la lecture des indicateurs de chemins de fer, la Commission décide qu'il y a lieu d'émettre un avis favorable à cette nouvelle numération;

2° En ce qui concerne la décimalisation de l'heure, la Commission a jugé que les avantages mis en avant par les partisans de cette transformation et qui se réduisent, en somme, à la simplification de certains calculs, ne compenseraient pas le trouble qui en résulterait, soit dans l'usage des unités dans lesquelles intervient le temps, soit dans l'industrie de l'horlogerie; aussi ne propose-t-elle pas d'appuyer, quant à présent, cette transformation;

3° En ce qui concerne la décimalisation de la circonférence, la Commission, après avoir entendu les explications de M. Vallot, a constaté que si la division en 360 degrés est de beaucoup la plus usitée, il n'en est pas moins vrai que la division en 400 grades est employée en France depuis un siècle environ, notamment par le service géographique de l'armée, et elle a pensé qu'entre les deux systèmes existants dont les intéressés se servent concurremment suivant la nature de leurs travaux, il n'y a pas lieu pour les Ingénieurs Civils de prendre un parti en faveur d'un seul de ces systèmes à l'exclusion de l'autre.

En conséquence, nous vous proposons, Messieurs, d'adopter la résolution suivante :

La Société des Ingénieurs civils de France, après examen de la question de décimalisation de l'heure et de la circonférence, approuve les conclusions du rapport ci-dessus.

Cette proposition mise aux voix est adoptée à l'unanimité moins une voix.

Avant de donner la parole aux Collègues dont les communications sont inscrites à l'ordre du jour, M. le Président fait donner lecture de la lettre suivante qu'il a reçue de M. Marié au sujet de la communication de M. E. Badois sur les Réservoirs du Nil.

« *Paris, 25 juin 1897,*

» *Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
» *à Paris.*

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je n'ai pu, à mon grand regret, assister à la séance du 4 juin, dans laquelle notre Collègue, M. Badois, a développé devant la Société son intéressante communication sur les réservoirs projetés pour l'irrigation de la vallée du Nil, pendant l'étiage.

» Je n'ai pas l'intention de faire un nouvel examen de la question, extrêmement complexe, analysée par notre Collègue, mais si j'avais

assisté à la séance, j'aurais soumis à la Société quelques réflexions sur certains points signalés par M. Badois.

» Tout d'abord, il ne semble pas complètement exact de dire que la Commission internationale nommée par le Gouvernement égyptien n'a abouti à aucun résultat positif, puisqu'elle a fourni à M. l'Inspecteur général Boulé, membre de cette Commission, l'occasion de publier dans le *Génie civil* une solution inédite du problème qui est excellente et facilement exécutable. Elle supprime les chances de rupture des barrages en maçonnerie quels qu'ils soient, et la pensée seule d'un risque semblable doit faire rejeter, à mon avis, le projet analysé par M. Badois; car, si une semblable catastrophe se produisait, la vallée du Nil depuis Selsileh jusqu'au Caire, serait absolument détruite, anéantie.

» L'auteur du projet du barrage de Selsileh, en voulant faire grand, n'a pas tenu compte que son ouvrage venait s'appuyer sur des grès que tous les Ingénieurs qui ont étudié la question considèrent comme n'étant pas suffisamment résistants pour recevoir une fondation importante. Ces grès se laissent facilement traverser par l'eau et sont parsemés de lits et joints. C'est avec ces matériaux que les anciens Egyptiens ont construit la plus grande partie des temples qu'on admire encore dans la Haute-Égypte. Sur les deux rives du Nil, à Selsileh, existent des carrières immenses qui sont, par suite de la sécheresse du climat de la région, dans l'état où elles se trouvaient au moment où elles ont cessé d'être exploitées.

» Ne vaudrait-il pas mieux, au lieu d'établir un seul ouvrage gigantesque, véritable épée de Damoclès suspendue sur l'Égypte, en construire deux ou trois moins importants, sur les seuils naturels existant actuellement. La dépense totale ne serait probablement pas beaucoup plus élevée et l'on pourrait construire sur le granit qui existe aux cataractes d'Assouan et de Ouady-Alfa ainsi qu'à Kalabcheh, etc. A Assiout ou à Selsileh on établirait un barrage régulateur pour distribuer les eaux.

» L'aspect du Nil serait ainsi reconstitué comme anciennement, les risques de rupture seraient presque nuls et, dans tous les cas, on n'aurait pas à redouter, en cas de rupture partielle d'un des barrages, un cataclysme, puisque les eaux pourraient être emmagasinées, en grande partie, dans les biefs situés en aval.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments dévoués.

» J. Marié. »

M. le Président demande à M. E. Badois s'il désire répondre à cette lettre.

M. E. Badois fait remarquer qu'il n'a pas entendu, dans sa communication sur les réservoirs du Nil, faire œuvre de discussion mais seulement de description. Il a cité l'opinion de M. Boulé et a renvoyé au journal le *Génie Civil* où elle est exposée; il a également donné l'indication et le dessin du système de barrage à cascades étudié par cet éminent Ingénieur et qui est fort remarquable, quoique cette solution n'ait pas été admise par ses Collègues anglais et italien. Mais ceux-ci

n'ont pas, non plus, proposé de projet acceptable, puisque le barrage d'Assouan submergerait Philœ. Il est vrai que l'un de ces commissaires offrait de transporter les ruines de Philœ sur une colline située 10 *m* plus haut et 200 *m* plus loin.

La crainte exprimée que le barrage projeté à Djebel Selsileh ne cause un désastre par sa rupture, si elle avait lieu, est un argument qui empêcherait de faire quelque ouvrage d'art que ce soit. Il est entendu que la construction devra être faite avec la stabilité convenable.

Les grès de Selsileh ne sont pas tant à redouter, puisque l'auteur de la lettre reconnaît lui-même qu'ils ont résisté pendant de nombreux siècles et que les carrières d'où on les tirait dans l'antiquité les présentent aujourd'hui dans le même état qu'alors. Au sujet des fondations sur ce grès, M. Baudot a réservé l'examen de son gisement dans le fleuve et de sa nature au moyen de sondages. M. le colonel Scott Moncrieff croit qu'on peut construire sur cette roche. On peut discuter cette opinion, mais le mieux est de s'en rapporter aux résultats qui seront fournis par l'étude du sous-sol.

Enfin M. J. Marié pense que plusieurs petits barrages seraient plus avantageux qu'un moindre nombre de grands. Cette opinion a été émise et soutenue. Mais où est la limite entre ce qu'on appellerait sur le Nil un petit et un grand barrage ? Celui projeté par M. Baudot n'opère qu'une retenue relativement faible et paraît très rationnel.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. J. Marié et E. Badois des nouveaux éléments qu'ils ont apportés à la question, puis il donne la parole à M. A. Lavezzari pour sa communication sur l'*Exposition des chemins de fer de l'État belge, à Bruxelles.*

M. A. LAVEZZARI, se trouvant à Bruxelles lors de l'ouverture officielle de l'Exposition aurait voulu en faire à la Société une courte description qui aurait pu servir de guide à ses Collègues lorsqu'ils la visiteront, mais les travaux étaient trop peu avancés pour lui permettre de donner quelques détails et, à son grand regret, il a dû renoncer à son projet.

Cependant il avait recueilli certains renseignements, notamment auprès de l'Administration des chemins de fer de l'État, où M. Blanquaert, l'éminent Ingénieur en chef, Directeur de la traction et du matériel, lui a communiqué un dossier fort complet qui intéressera certainement les Membres de la Société des Ingénieurs civils de France.

Ce sont ces documents que M. A. Lavezzari a réunis dans une note que M. le Président a bien voulu faire insérer dans le *Bulletin* de mai et qui va être très brièvement résumée.

Les chemins de fer de l'État exposent peu de chose personnellement, mais une grande quantité de matériel divers figure aux expositions particulières des constructeurs auxquels il a été commandé, avec obligation de le faire figurer à l'Exposition.

M. A. Lavezzari ne décrira pas tout ce matériel, il se contentera, faute de temps, de mentionner ce qui lui paraît devoir intéresser plus particulièrement ses Collègues.

C'est d'abord une locomotive express exposée par la Compagnie elle-même; cette machine, construite dans les ateliers centraux de Malines,

est présentée sans application de peinture et sans enveloppe, de façon à montrer l'exécution du travail de la chaudière qui a été fait uniquement au moyen de machines-outils.

Deux autres machines, du même type, sont exposées par les constructeurs; l'une d'elles est pourvue de la distribution à tiroirs cylindriques indépendants, système Durant et Lencauchez. Entre autres machines, M. A. Lavezzari signale encore une locomotive compound d'une grande puissance, pesant 80 *t* à vide, à double châssis articulé, système Mallet.

Dans le matériel roulant il cite également un wagon-box dont les portières rabattues constituent un plan incliné qui permet l'embarquement des chevaux en quelque endroit que le wagon se trouve; un wagon-grue à contrepoids automatique : sous l'action de la charge à soulever le contrepoids prend, automatiquement, la position voulue pour équilibrer exactement la charge;

Enfin, deux grandes voitures mixtes de 1re et 2e classe, à couloir avec water-closet; l'une d'elles, voiture de grand luxe, destinée au service international, a été construite par la Société de Dyle et Bacalan, dont notre Vice-Président, M. Rey, est administrateur, membre du Comité de direction.

M. A. Lavezzari donne quelques détails sur ces voitures et sur plusieurs autres en s'excusant de ne pouvoir s'étendre davantage. Il cite également quelques dispositions pour la sécurité du travail et l'hygiène; puis plusieurs machines à vapeur et dynamos de la force de 100 à 250 *ch.*

Enfin, il aborde la question qu'il considère comme la plus intéressante, l'exposition des voitures électriques.

L'Administration du chemin de fer de l'État belge a entrepris au commencement de 1895, au moyen d'une voiture qu'elle a appropriée et qui a reçu des moteurs type Gearless, une série d'essais de traction électrique sur des lignes à profils très variables qui environnent Liège, et ce à des vitesses différentes.

Dans ces diverses conditions de profils et de vitesses, on a déterminé les résistances que présentait la voiture électrique sur les grandes lignes, ce qui a permis d'arrêter avec certitude le programme des conditions à remplir par les moteurs électriques pour les lignes de chemins de fer.

On trouvera ce programme reproduit à la suite de la note qui paraîtra au *Bulletin*.

Une seconde série d'essais sera entreprise sur la ligne de Bruxelles à Tervueren, à l'occasion de l'Exposition, au moyen de ces cinq voitures.

M. A. Lavezzari espère pouvoir entretenir un jour ses Collègues de ces essais qui permettront de comparer des moteurs électriques de différents types établis par les meilleurs constructeurs.

Par la suite ces essais seront poursuivis sur différentes sections du réseau; on a donc été forcé, pendant la période d'essais, d'adopter des accumulateurs comme source d'énergie électrique, sans préjuger pour cela de celle qui devra être employée dans l'avenir.

Cette seconde phase d'essais permettra aux Ingénieurs d'étudier l'établissement définitif d'un service électrique sur une section déterminée du réseau en utilisant comme source d'énergie électrique celle qui pa-

raitra le mieux appropriée au profil et aux circonstances locales de la ligne.

En terminant, M. A. Lavezzari demande la permission d'adresser tous ses remerciements à M. Blanquaert et à ses collaborateurs auprès de qui les Ingénieurs français sont certains de rencontrer un accueil bienveillant dont il a, pour sa part, profité bien des fois.

M. le Président remercie M. A. Lavezzari du travail qu'il a bien voulu faire sur l'Exposition de Bruxelles et qui pourra servir à ceux qui iront la visiter.

Il joint ses remerciements à ceux de M. A. Lavezzari à l'adresse des Ingénieurs belges et en particulier des Ingénieurs de chemins de fer dont le concours est toujours assuré à leurs Collègues français.

M. A. Lencauchez, au sujet de l'une des machines dont a parlé M. A. Lavezzari, demande à bien établir qu'il n'a fait que collaborer à l'étude de la distribution Durant et Lencauchez, dont les plans ont été dressés à la Compagnie d'Orléans.

M. L. de Chasseloup-Laubat a la parole pour le compte rendu de l'*ouvrage de Dixon Kemp « Yacht Architecture »*.

M. de Chasseloup-Laubat, traitant de la partie de l'ouvrage qui concerne la navigation à voile, rappelle d'abord les principes fondamentaux de la théorie de la stabilité statique du navire.

Il établit l'équation générale de la stabilité transversale statique :

$$P\,(H - a)\sin i,$$

qui peut se décomposer en deux termes :

$$PH\sin i$$

et

$$Pa\sin i,$$

lesquels représentent respectivement la stabilité de forme et la stabilité de poids.

En considérant une inclinaison très petite, la formule générale précédente peut s'écrire :

$$P\,(\rho - a)\sin i,$$

dans laquelle

$$\rho = \frac{I}{V},$$

où I et V représentent respectivement le moment d'inertie de la surface du plan de flottaison pris par rapport au plan vertical longitudinal et V, le volume de la carène.

Il en résulte donc que la stabilité de forme ne peut être augmentée qu'en augmentant le bau d'un navire et par conséquent sa maitresse section, si l'on admet qu'il y a une relation forcée entre le bau et la profondeur de carène. C'est dire que la stabilité de forme ne saurait recevoir aisément une valeur dépassant une certaine limite sans avoir comme conséquence immédiate une résistance exagérée à la propulsion.

Au contraire, l'augmentation de la stabilité de poids n'exerce aucune influence théorique sur la résistance à l'avancement.

C'est pourquoi les yachts de course modernes sont généralement construits en vue d'obtenir le maximum possible de stabilité de poids ; de là, la concentration du lest au bas de la quille, à une grande profondeur au-dessous de la surface de l'eau. D'un autre côté, la quille profonde au milieu possède deux grands avantages :

1° A surface égale, elle tient mieux le bâtiment au plus près, car elle n'émerge point dans les coups de tangage ;

2° Elle permet des évolutions plus vives à surface égale, puisque le travail élémentaire résistant pour un déplacement autour de l'axe instantané de rotation du navire est proportionnel à la somme des moments de la surface immergée par rapport à cet axe.

Quant à cette surface immergée, elle ne doit point dépasser certaines limites, sans quoi le frottement subit une grande augmentation, ce qui est fâcheux, étant donné que le frottement est un élément capital de la résistance à la propulsion, surtout aux faibles vitesses qu'ont généralement les navires à voiles.

Enfin, un autre trait caractéristique de l'évolution du yacht à voiles moderne, c'est la continuité parfaite, à l'avant et à l'arrière, entre les formes de la carène et les formes des œuvres mortes.

Sans doute, cette idée n'est point nouvelle, mais elle paraissait avoir été souvent négligée, notamment en Angleterre où les cotres avaient presque toujours des avants droits.

M. de Chasseloup-Laubat ne parlera pas de la partie de l'ouvrage où est traitée la navigation à vapeur, parce que les descriptions des machines et des chaudières ne mettent en lumière aucun point pouvant offrir un intérêt spécial pour des Ingénieurs qui connaissent tous la mécanique appliquée.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. L. de Chasseloup-Laubat de son excellent compte rendu, qui fait heureusement suite à ses communications antérieures.

Il donne ensuite la parole à M. A. Lencauchez pour sa communication sur une *Étude sur le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge.*

M. A. LENCAUCHEZ expose sa théorie en l'expliquant sur des figures qu'il trace au tableau ; comme il serait difficile de bien le suivre dans sa démonstration sans l'aide des figures, nous sommes obligés de renvoyer à la note qui sera publiée *in extenso* au bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. A. Lencauchez de son intéressante communication, qui sera certainement lue avec fruit par ses Collègues.

Il est donné lecture en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. A. Aufort, L. Chevallier, M. Davidsen, M. Descamps, J.-E.-L. Gannat, Ch. Hubert, G.-L. Jouanne, A.-E. Menjou, comme membres sociétaires,

Et MM. A. Bajac et J.-V. Bar comme membres associés.

MM. M. Albert, Ch. Cancé, E. Favier, H.-L. Laymet, F. Murtinho, C. de Niemeyer, L.-H. Oudin, H.-A. Prévost, G. Richard, F.-A. Rousseau, H.-R. Seyrig, sont reçus comme membres sociétaires.

Et MM. E. Barrière, H. Beau, E. Deutsch, et P. Marchasson, comme membres associés.

La séance est levée à 10 heures un quart.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 JUILLET 1897.

Présidence de M. G. Dumont, Vice-Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de M. Adolphe Collet, membre de la Société depuis 1888 ; a été constructeur de générateurs inexplosibles.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

M. le Président Lippmann a été nommé, par arrêté de M. le Préfet de la Seine, membre de la Commission technique chargée d'étudier les questions se rattachant à l'alimentation de Paris et de la banlieue en eau potable.

M. H.-E. Hézard, maître de forges, et M. J.-B. Lefèvre, sous-chef de l'exploitation à la Compagnie de l'Ouest, ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur, et M. Ch. Frairrot, officier d'Académie ;

MM. H.-Ch. Bunel et R.-V. Picou ont été nommés membres du Comité consultatif appelé à donner son avis sur les mesures de préservation contre les dangers d'incendie dans l'enceinte de l'Exposition universelle de 1900 ;

M. L. Martin, ancien Président de la Société, a été nommé Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes.

M. le Président Lippmann a adressé à M. Martin, en son nom et en celui de la Société, ses vives félicitations pour l'honneur que la Compagnie de l'Est lui avait fait en le nommant Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes.

M. le Président saisit cette occasion pour retracer, en quelques mots, la carrière si bien remplie par notre ancien Président.

M. Martin était entré à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, le 1er avril 1849, en qualité de chef de section à Châlons. En 1857, après avoir conquis tous ses grades, il était nommé Ingénieur principal de la 1re division. C'est en juin 1874 qu'il prenait la direction du chemin de fer de Vincennes, avec le titre d'Ingénieur en chef.

M. Martin a pris part aux grands travaux exécutés par le service de la voie et de la construction, dans lesquels il s'est particulièrement distingué. C'est à l'occasion de ces travaux qu'il a été fait chevalier de la Légion d'honneur, en 1857, à l'âge de trente-six ans. Il est officier de la Légion d'honneur depuis le 15 décembre 1896. La direction de la ligne de Vincennes exigeait des aptitudes spéciales. M. Louis Martin était fort aimé de son personnel pour lequel il était plein de sollicitude et de bienveillance, tout en exigeant de lui la ponctualité de service qu'il avait apportée lui-même dans sa longue carrière d'Ingénieur de chemin de fer.

M. Martin a été Président de la Société en 1884, après quatre années de vice-présidence. En saluant notre ancien Président au moment où il quitte la carrière active, nous émettons l'espoir qu'il pourra de nouveau prendre part à nos travaux et nous faire ainsi profiter de sa grande expérience.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il faut ajouter M. Jules Le Blanc à la liste des membres de la Société faisant partie du Jury international des récompenses à l'Exposition de Bruxelles.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale vingt-sept volumes et trois atlas de l'*Encyclopédie moderne*, qui ont été offerts à la Société par M. Ch. Lefrançois.

M. LE PRÉSIDENT informe qu'une circulaire va être adressée pour régler les conditions d'un voyage en Belgique, organisé à l'occasion de l'Exposition de Bruxelles, sur l'invitation des Ingénieurs anciens Élèves des Écoles de Bruxelles, Gand et Louvain ; ce voyage aura lieu du 10 au 15 septembre.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu :

Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, l'avis que deux rapports ont été publiés, par le gérant du Consulat de France à Marseille, au *Moniteur officiel* du 15 juillet courant, sur deux projets de chemin de fer aux îles Philippines ;

Du Comité Franco-Italien de l'Exposition de Turin, en 1898, divers documents concernant spécialement l'exposition d'électricité. Ces documents sont déposés au Secrétariat de la Société, à la disposition de ceux de nos Collègues que la question intéresse ;

De la Légation du Brésil, le *Journal officiel* de l'Etat de Para contenant les conditions de mise en adjudication du service des eaux potables de la ville de Belem.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. J.-A. Boyer, pour présenter *des observations au sujet de la communication du 5 mars 1897, sur le chemin de fer du Sénégal au Niger*.

M. J.-A. BOYER rappelle que, dans la séance du 5 mars, M. le capitaine Calmel a dit, à propos du chemin de fer du Sénégal au Niger : « En 1884,

on avait dépensé 24 000 000 *f* et la voie ferrée ne s'étendait pas au delà du 53e *km* » ; or, en 1884, les travaux de terrassement étaient terminés au kilomètre 81, et la longueur de rails permettait d'aller au delà du kilomètre 110. Quant à la somme de 24 000 000 *f*, elle a été en partie dépensée à d'autres travaux qu'à la construction même de la ligne, comme M. Boyer l'indiquera plus loin.

M. le capitaine Calmel a parlé « d'un remarquable concours de circonstances malheureuses, dont le résultat fut un des plus lamentables échecs possibles ». M. Boyer ne croit pas que la responsabilité en retombe sur les Directeurs civils qui ont exécuté les travaux, de 1880 à 1884. Le premier de ces Directeurs, M. Arnaudeau, est mort; le second fut M. Jacquier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées; le troisième, notre Collègue, M. L.-A. Chapron, qui est en ce moment sur la frontière tonkino-chinoise.

M. Boyer, que des circonstances spéciales ont mis au courant de tout ce qui s'était passé, demande à faire rapidement devant la Société l'histoire du chemin de fer du Haut-Fleuve. Après avoir en 1880-1881 rencontré les bandes d'Ahmadou, on organisa en 1882 une expédition contre Samory, on construisit six forts, en granit et chaux du Theil; ils ont coûté en moyenne 800 000 *f* chacun (chiffre officiel); puis on éleva à la tête de ligne, à Kayes, une caserne et un pavillon pour le gouverneur militaire. Toutes ces constructions ont été mises au compte du chemin de fer: c'est 10 millions de francs qui ont été employés ainsi par l'Administration pour les services militaires. M. Boyer explique ensuite toutes les difficultés avec lesquelles se sont trouvés aux prises les Directeurs civils, et montre que leur œuvre a été beaucoup plus étendue qu'on ne l'a dit. Il applaudit en voyant reprendre le chemin de fer, surtout parce que cette résurrection est due à l'initiative de MM. les Officiers Borgnis-Desbordes, Galliéni et Archinard qui, — ayant foi dans le Soudan et persuadés que la navigation du Niger ne sera rien si le fleuve n'est pas relié au Sénégal, — ont cherché à faire le chemin de fer malgré tous les obstacles. Ils ont pu prendre le problème comme il convenait en commençant par étudier et préparer avant d'exécuter. C'est là ce qu'auraient fait les Directeurs civils s'ils avaient été libres de diriger le travail à leur gré.

Avant de terminer, M. Boyer désire présenter une observation personnelle: il ne pense pas que les Ingénieurs militaires pourraient exécuter le chemin de fer au prix qu'ils indiquent de 60 000 *f* le kilomètre. Il en trouve une première preuve dans les dépenses qu'entraine l'emploi des traverses métalliques. Il estime qu'en additionnant toutes les sommes provenant du ministère de la Marine et du ministère des Colonies, on arriverait à un chiffre plus élevé par kilomètre. Il regrette qu'en 1880 les Ingénieurs civils n'aient pas trouvé les facilités accordées aujourd'hui aux Ingénieurs militaires.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Boyer de ses intéressantes observations, desquelles il résulte qu'une partie seulement des crédits dont il avait été parlé, a été effectivement employée à la construction proprement dite du chemin de fer. Il est bien certain que dans les pays neufs il faut pro-

céder à ce qu'on peut appeler une expropriation du sol, nécessitant souvent des expéditions militaires, qui viennent absorber des sommes importantes ; il est également évident qu'en mettant en regard le nombre de kilomètres et la somme dépensée, M. le capitaine Calmel n'a pas eu la moindre intention de critique vis-à-vis des Ingénieurs civils qui ont été les premiers directeurs de cette entreprise.

M. LE CAPITAINE CALMEL dit qu'en effet aucune critique sur l'activité ou l'habileté technique des premiers Directeurs des travaux du chemin de fer du Soudan n'était et ne pouvait être dans sa pensée. Il explique qu'un crédit voté par le Parlement n'est jamais mis à la disposition d'un Directeur de chemin de fer : il est employé par l'Administration ; c'est elle qui a la prévision des besoins, la répartition des dépenses et qui, soit à Paris, soit au Soudan a dépensé ces crédits. Le Directeur du chemin de fer du Soudan était un rouage administratif, et n'était pas comme un directeur d'usine ou de société financière ayant la charge de l'œuvre et aussi la responsabilité ; c'était un conseiller technique.

Loin d'accuser les Directeurs civils, M. le capitaine Calmel considère au contraire comme un devoir de signaler, par exemple, le dévouement de MM. Portier et Couteau dont le colonel Galliéni fait grand cas dans son ouvrage *Deux Campagnes au Soudan français*, et plus particulièrement il rappelle la mémoire de M. Descamps, Ingénieur civil, Directeur mort à la tâche.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'on peut conclure, de cet échange d'observations, que l'Ingénieur français, qu'il porte le vêtement militaire ou civil, a sous toutes les latitudes une même règle de conduite : faire son devoir.

L'ordre du jour appelle les communications de M. Henri Chevalier sur *la Machine atmosphérique de Polsounow* et sur *l'art de l'Ingénieur en Corée.*

M. HENRI CHEVALIER analyse d'abord une étude de M. l'Ingénieur Tchijevsky sur Polsounow qui, en 1765, contruisit en Sibérie une machine atmosphérique présentant des perfectionnements importants sur celle de Newcomen.

Cette communication sera insérée au *Bulletin.*

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Henri Chevalier. La machine de Polsounow est fort intéressante; M. le Président est d'autant plus heureux que l'œuvre de ce mécanicien russe ait été exposée dans cette séance que plusieurs Ingénieurs russes nous ont fait l'honneur d'y assister; ils voient combien la Société tient en estime les inventeurs et les Ingénieurs de leur pays. *(Applaudissements.)*

M. HENRI CHEVALIER traite ensuite de l'*Art de l'Ingénieur en Corée*, il s'appuie principalement sur deux textes officiels intitulés : l'un, « Description des fêtes données à l'achèvement des fortifications de Hoa Syeng (1800) », l'autre, « Procès-verbaux des travaux de construction du tombeau du roi Hen-tsong (1849) ». — Ces deux textes sont en chinois comme toutes les pièces officielles et ornés de nombreux dessins.

La description des fêtes contient une étude complète des fortifications de la ville de Hoa-Syeng, aujourd'hui Syou Ouen, un peu au sud de

Séoul. M. Henri Chevalier décrit sommairement la ville, les murs, les tours, les ponts, les détails d'architecture ainsi que les outils et machines employés et montre les reproductions des dessins qui ornent cet ouvrage.

La construction du tombeau du roi Hen-tsong offre un intérêt particulier en ce que les procès-verbaux, rédigés tous les jours, constatent, outre l'état d'avancement des travaux, le nombre et le genre des ouvriers employés et montrent une organisation très complète des différents ateliers.

En terminant, M. Henri Chevalier remercie la Société qui a bien voulu, depuis plusieurs années, le choisir au nombre de ses délégués au Congrès des Sociétés savantes.

M. LE PRÉSIDENT félicite M. Henri Chevalier de sa connaissance de la langue chinoise; il lui demande de nous faire profiter de ses études en nous entretenant de nouveau de l'art de l'Ingénieur en Corée.

Il donne la parole à M. L. Chateau pour sa communication sur *les gisements de phosphates de chaux dans les départements de Constantine et d'Alger.*

Cette communication paraîtra au *Bulletin.*

M. LE PRÉSIDENT dit que la question des phosphates est liée d'une façon si étroite à notre agriculture qu'il adresse de vifs remerciements à M. Chateau pour le travail très intéressant dont il vient d'exposer les points principaux. Sa publication au *Bulletin* permettra d'y retrouver les documents très complets que M. Chateau a recueillis avec la compétence qu'on lui connait.

M. LE PRÉSIDENT annonce que, la séance d'août étant supprimée comme dans les dernières années, la rentrée aura lieu le 1er octobre.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de :

MM. H.-A.-O. Boursault, J.-B. Clamens, J.-H. Flemming, R.-B. Gross, L. Liais, V.-H. Luckhaus, C.-T. de Magalhaes Gomes, V. Sailly, A.-H. Savy, H.-K. Scott, S. Singer, comme membres sociétaires.

MM. A. Aufort, L. Chevallier, M. Davidsen, M. Descamps, J.-E.-L. Gannat, Ch. Hubert, G.-L. Jouanne, A.-E. Menjou, sont reçus comme membres sociétaires,

Et MM. A. Bajac et J.-V. Bar, comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
P. JANNETTAZ.

ÉTUDE

SUR LE

MOUVEMENT DES FLUIDES

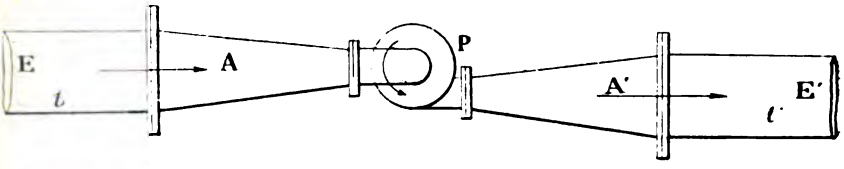
DANS LES APPAREILS A FORCE CENTRIFUGE

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

Dans les questions de ventilation, il y a une chose que l'on ne doit jamais oublier, c'est que, quand un fluide est pris au repos dans une enceinte pour être refoulé dans une autre enceinte, même sans pression effective (1), il y a mouvement, et, comme le mouvement ne peut se produire que par une différence de

Fig. 1



pression si petite qu'elle puisse être, celle-ci, en général, se présente ainsi *(fig. 1)* :

P, propulseur dans lequel le mouvement du fluide doit être uniformément accéléré.

A, ajutage convergent dans lequel le mouvement est aussi uniformément accéléré.

A', ajutage divergent dans lequel le mouvement est uniformément retardé.

E, enceinte où le fluide est pris au repos.

E', enceinte où le fluide est abandonné au repos.

Dans la pratique, E et E' étant indéfinis, on donne aux tuyaux t d'aspiration et t' de refoulement une section qui, pour un volume déterminé, ne donne au fluide qu'une vitesse de 3 m par seconde pour les gaz et que de 0,300 m à 0,350 m pour les

(1) Apparente, appréciable au manomètre le plus sensible.

liquides : vitesses considérées comme des minima pratiques ne donnant lieu, par les frottements, qu'à une perte de travail négligeable.

En résumé, pour une chute de potentiel ou différence de pression entre E et E′ ou t et t', faisant passer par seconde (*l'unité de temps*) un volume déterminé de E en E′, il y a une quantité aussi déterminée de travail absorbé.

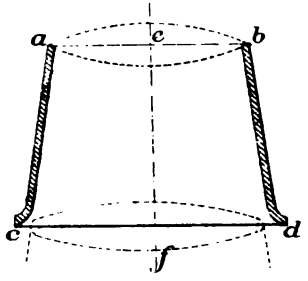
Donc, dans ce cas, le meilleur propulseur est celui qui donne le plus grand rendement, et celui qui donne le plus grand rendement est celui qui, pour faire passer Q, le volume déterminé, de E en E′, l'aura fait avec le minimum de chute de potentiel, soit avec le mouvement uniformément accéléré de t en P et le mouvement uniformément retardé de P en t'.

Si le propulseur employé est un ventilateur, il faut que l'air entre dans l'appareil avec un mouvement uniformément accéléré, puis traverse sa turbine (*de mise en mouvement de l'air*) aussi avec un mouvement uniformément accéléré, pour s'échapper ensuite de cette turbine avec un mouvement uniformément retardé.

Comment construire un ventilateur qui donnera à l'air qui le traverse un mouvement uniformément accéléré ? En ayant, dans la pratique, recours au tracé que nous donnons plus bas :

1° Supposons que, par seconde, nous avons à débiter un volume Q d'air sous une pression K, avec un ventilateur à force centrifuge : à la pression K, correspond une vitesse d'écoulement v. Connaissant v et Q, nous trouvons S, la section contractée par laquelle Q s'écoulera avec la vitesse v (*par seconde*). Sachant que l'ajutage cylindro-conique convergent *abcd* (*fig. 2*), où $ab = ef$ et $cd = ef \times 1{,}25$ a pour multiplicateur du débit théorique calculé sur l'aire du petit orifice *ab*, 0,967, nous le prendrons comme exemple. Si on continue le tracé des génératrices *ac* et *bd*, on trouve qu'elles font, en se croisant, un angle de 14° environ.

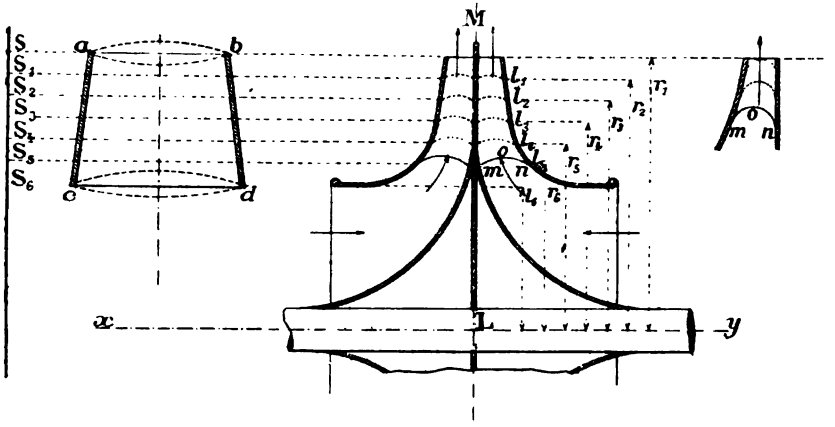
Fig. 2



Pour démontrer que, dans la traversée de l'ajutage *abcd*, le mouvement y est uniformément accéléré, nous donnons à la suite de ce mémoire son tracé théorique, mais le multiplicateur 0,967, que l'on trouve dans tous les ouvrages de mécanique, prouve bien qu'il en est ainsi.

Donc, si l'ajustage conique *abcd (fig. 3)*, tourne autour de l'axe *xy* dans l'atmosphère à la vitesse $\frac{v}{0,75} = V'$ la vitesse v étant celle qui correspond à la pression K, en admettant un rendement de 75 0/0 ; on voit que l'air (*vent*) traversera *abcd* avec une vitesse uniformément accélérée et, si on divise en 4, 5, 6 ou n tronçons cet ajutage, on aura une suite de sections ou d'aires S, S_1, S_2, S_3. de plus en plus grandes. Alors si, sur un plateau ML de même diamètre sur l'axe *yx*, on projette par points sur les rayons, r, r_1, r_2, r_3, etc., des largeurs de turbine l, l_1, l_2, l_3, etc., en faisant section S = circonférence

Fig.3 Fig.3 bis

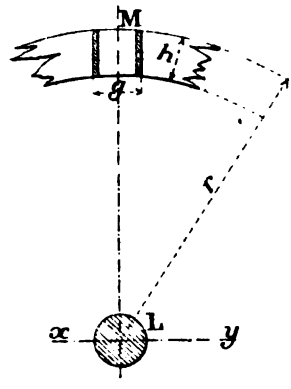


$r \times l$; et S_1 = circonférence $r_1 + l_1$, et ainsi de suite, on aura toutes les valeurs numériques de l, l_1, l_2, l_3, etc., ce qui permet de construire, par points, une turbine de ventilateur dont toutes les sections successives, depuis l_6 jusqu'à l, donne, comme dans l'ajutage *abcd*, le mouvement uniformément accéléré. Dans ces conditions, on fera un ventilateur silencieux, dont le rendement pourra atteindre le maximum d'effet utile, puisque cet appareil ne peut pas donner lieu à aucune perte de puissance vive ; mais, pour éviter les remous, les aubes doivent être très rapprochées et de peu de hauteur ; ainsi, sur le plateau ML *(fig. 4)*, la hauteur h des aubes ne doit être que les $\frac{15}{100}$ de r, le rayon extérieur du plateau, et leur largeur g, que les $\frac{10}{100}$ de r.

La courbure que l'on donne généralement aux aubes d'une

turbine de ventilateur est toujours une complication coûteuse peu justifiée, car elle n'augmente pas d'une façon appréciable le rendement d'un appareil bien étudié, où le mouvement y est uniformément accéléré, puis uniformément retardé.

Fig. 4.

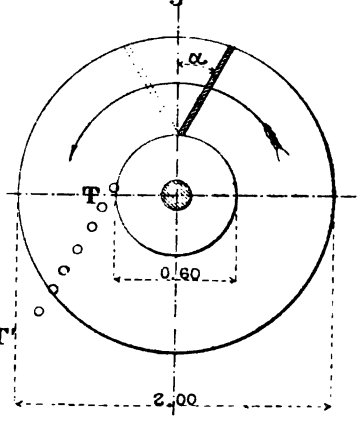


La construction des ventilateurs centrifuges à grandes pressions de 250 à 700 *mm* d'eau est relativement coûteuse, aussi M. Sagebien (*l'inventeur de la roue hydraulique qui porte son nom*) recommandait-il, pour la mise en mouvement des grands volumes d'air, sous de faibles différences de pressions ou d'aspirations, ou encore des deux réunies; par exemple, pour des chutes de potentiel peu considérables, telles que celles de 10 à 50 *mm* d'eau, recommandait-il, disons-nous, une construction dans le genre de celle des roues à aubes des bateaux à vapeur; dans ce cas, un volume donné, devant recevoir une vitesse déterminée, a pour expression une surface cylindrique $\frac{S}{0,75} \times V'$ la vitesse, où, pour un cylindre ouvert aux deux bouts, l'aire ou la surface de son cercle, soit égale à sa circonférence multipliée par sa hauteur ou largeur cylindrique ; exemple : un cylindre a 4 *m* de diamètre, la surface de son cercle est de 12,56 m^2 sa hauteur ou largeur cylindrique l sera : $12,56 = \pi\ 4 \times l$, d'où $l = \frac{12,56}{\pi\ 4} = 1^m,000$; en d'autres termes, la largeur des aubes doit être égale à la moitié du rayon ou au quart du diamètre. Dans un tel appareil, le mouvement n'y est pas uniformément accéléré; car il n'y est qu'à peu près uniforme, sans chocs appréciables, avec un rendement de 50 0/0 ; ce qui, pour d'aussi faibles aspirations ou pressions et un aussi petit travail, peut être à juste titre considéré comme un très bon résultat.

La preuve que les inclinaisons, pentes et courbures ont une faible action sur le rendement des ventilateurs, c'est l'exemple suivant : En 1855, un de nos calculateurs des plus distingués a fait construire deux ventilateurs (*fig. 5*), de 2 *m* de diamètre extérieur de turbine et de 0,600 *m* de diamètre intérieur comme œillards, avec une largeur d'aubes ou palettes de 0,600 *m* et mar-

chant à 1 200 tours par minute. Ces appareils devaient être silencieux et donner une pression de vent de 0,600 *m* d'eau. Mais, en réalité, ils ne donnaient que la pression de 0,060 *m* d'eau et se faisaient entendre par temps calme, la nuit, à 8 kilomètres.

Fig. 5



Les aubes ou palettes, au nombre de douze seulement, avaient une inclinaison *(fig. 5)* leur faisant faire un angle $\alpha = 17°$ avec le rayon, qu'une savante formule avait déterminé et qu'aucun tableau ne serait assez grand pour contenir. Dans les expériences, on a retourné l'arbre d'un des ventilateurs, on a fait tourner les palettes à l'envers, comme le ponctué de la figure 5 ci-contre le fait voir, et les résultats obtenus ont été rigoureusement les mêmes; c'est-à-dire qu'à 1 200 tours à la minute, on a obtenu la pression de 0,060 *m* d'eau avec le même ronflement.

La somme des sections des deux œillards était de $0,561/2 m^2$, et celle de la conférence extérieure, multipliée par la largeur des palettes, était de 3,77 m^2; ce qui donnait le rapport $\frac{0,561/2}{3,77} = \frac{1}{6,7}$; d'où il suit que l'air (*le vent*), pour traverser ces ventilateurs avec une vitesse constante et uniforme, aurait dû être dilaté à 6,7 fois son volume primitif, ou encore, pour ne pas se dilater et rester à volume et pression constants, en sortir avec une vitesse 6,7 fois plus petite que celle avec laquelle il y serait entré par les œillards; deux choses aussi absurdes l'une que l'autre; ce qui explique bien que les 17° d'α, à droite aussi bien qu'à gauche, n'avaient aucune action sur la marche des appareils.

J'ai fait percer sur le tambour d'un de ces ventilateurs une quinzaine de trous de 15 *mm* pour prendre les pressions ou les aspirations données, suivant une ligne TT' *(fig .5)*, depuis l'œillard jusque dans le coursier, le manomètre à colonne d'eau était relié au ventilateur par un tuyau en caoutchouc terminé par une busette, en fer creux, qui était introduite dans tous les trous de T à T'.

L'appareil ayant 2 *m* de diamètre, soit 1 *m* de rayon, avec des œillards de 0,300 *m* de rayon, on avait donc : 1 *m* — 0,300 *m* = 0,700 *m* à parcourir pour aller d'un œillard à la circonférence extérieure des palettes, plus 0,100 *m* dans le coursier.

1° A l'œillard, on ne pouvait constater ni vide ou aspiration, ni pression quelconque ;

2° Il en était de même jusqu'à 0,070 *m* de la circonférence extérieure des palettes, soit 1 *m* — 0,070 *m* = 0,930 *m* du centre de l'arbre *(fig. 5)* ;

3° A partir de 0,930 *m* du centre, on constatait franchement une pression de 0,001 *m* d'eau, croissant paraboliquement, c'est-à-dire qu'en considérant les pressions observées comme des ordonnées, elles donnaient une courbe très voisine d'une parabole ;

4° A l'extrémité du rayon, soit tangentiellement à la circonférence extérieure, on constatait la pression de 0,060 *m* d'eau qui était la même que dans le coursier, soit le maximum.

Ce qui prouve bien, suivant l'opinion de M. Sagebien, que des palettes de 0,070 *m* de hauteur sont bien suffisantes pour le rayon de 1 *m* et pour une largeur de 0,600 *m* de palettes.

Détermination théorique de l'ajutage cylindro-conique convergent, donnant le mouvement uniformément accéléré pour les liquides.

Si on a un ajutage *(fig. 6)*, cylindro-conique *abcd*, comme celui que nous avons vu plus haut *(fig. 2 et 3)*, son débit par seconde, pour une charge H de liquide, sur l'orifice contracté *ab*, sera V, la vitesse en *ab*, multipliée par S, la section ou aire de *ab*.

Donc on a : $Q = V \times S$,

Q étant le volume ou quantité de liquide écoulé par seconde :

d'où on tire : $V = \sqrt{2gH}$ et $S = \pi R^2$

et ensuite on a : $Q = \sqrt{2gH} \times \pi R^2$,

ou encore :

$$Q = 4{,}4292 \sqrt{H} \times \pi R^2 \text{ et } R^2 = \frac{Q}{4{,}4292 \times \pi \sqrt{H}} ;$$

enfin on a : $$R = \sqrt{\frac{Q}{13{,}914 \sqrt{H}}}.$$

Comme Q et 13,914 sont des constantes en prenant toutes les valeurs de H de *h*, h_1, h_2, etc., on aura toutes les valeurs numé-

riques de R, R_1, R_2, R_3, etc., qui, considérées comme ordonnées, permettront de construire par points la courbe génératrice de l'ajutage cylindro-conique convergent, qui donne pour les liquides le mouvement uniformément accéléré, aussi bien que pour les gaz, tant que les différences de pressions, pour ceux-ci, ne seront pas assez grandes pour en changer la densité d'une façon appréciable.

Aussi, pour un ventilateur, la pression de 0,500 *m* d'eau n'est-elle que de $\frac{1}{20}$ d'atmosphère et ne peut conduire qu'à multiplier *cd*, la grande base de l'ajutage cylindro-conique par 1,05, quantité qui peut être négligée souvent en pratique industrielle.

Mais, pour obtenir de l'ajutage *abcd* le maximum d'effet utile, soit 0,967, il faut le raccorder à la paroi de prise de mouvement par une courbe, ainsi que la sortie du fluide par une autre : de sorte que si R est le rayon moyen de l'ajutage *abcd*, sa construction doit être faite ainsi :

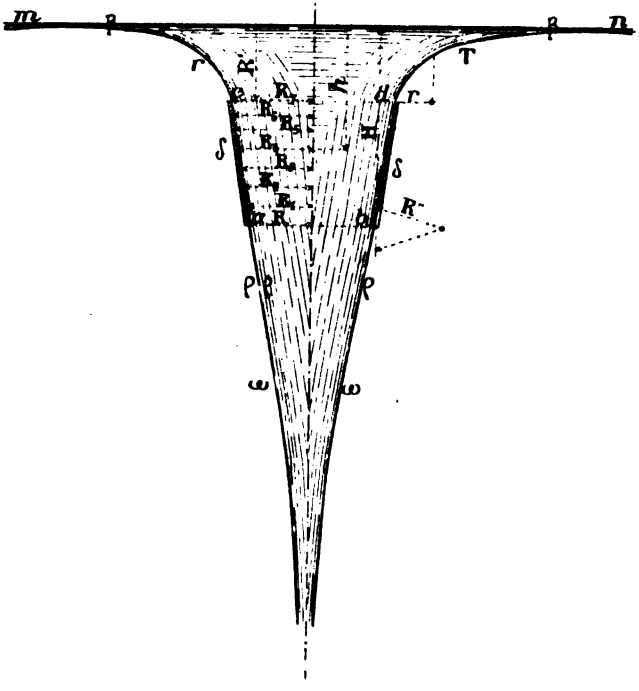
$$\begin{aligned} R &= 1\ 000 \\ R' &= R = 1\ 000 \\ R'' &= R = 1\ 000 \\ \text{et } r &= 1/2\ R = 0\ 500 \end{aligned}$$

Dans la pratique, il a été reconnu que, pour les ajutages cylindro-coniques convergents, l'angle de convergence peut varier sur une grande échelle, sans que le multiplicateur diminue d'une façon appréciable ; ainsi, un ajutage avec un angle de 8° a un multiplicateur de 0,937, et, celui de 24°, de 0,910, s'écartant peu du maximum 0,967 donné par l'ajutage de 14°. Donc, entre ces limites extrêmes de 8° à 24°, la variation n'est que de 0,967 — 0,910 = 0,057, soit au plus de 6 %. Cette grande élasticité de rendement des ajutages est due à ce que l'élément *abcdef* (*fig. 2 et 3*) (1), peut se placer en différents points sur la génératrice βδρω (*fig. 6*) de l'ajutage complet qui, de la vitesse 0 pour $h = 0$, arrive à une vitesse infiniment grande pour H infiniment grand ; mais, comme cette courbe est asymptotique à ses axes, on comprend que, suivant que *abcdef* sera placé en *r*, δ ou en ρ, soit en augmentant (*fig. 6*), R' ou en le diminuant,

(1) Il est facile de comprendre que tout ce qui est dit ici s'applique aussi bien aux pompes centrifuges qu'aux ventilateurs soufflants ou aspirants ou encore aux ventilateurs aspirants et soufflants.

l'angle formé par les tangentes aux génératrices pourra varier entre 8° et 24° sans grand inconvénient ; les veines fluides étant guidées par *abcpef*, prenant d'elles-mêmes les directions et

Fig 6.



formes indiquées *(fig. 6)* (1), ce qui est très facile de constater dans l'écoulement des liquides transparents.

Donc, dans la construction des pompes centrifuges et des ventilateurs, on a une grande marge, dans la conicité à leur donner judicieusement, bien entendu, pour leur faire rendre le maximum d'effet utile.

(1) L'ajutage *abcdef* pourrait s'appeler un guide courant de vitesses théoriques.

EXPOSITION RUSSE DE NIJNI-NOVGOROD

(1896)

LA MACHINE ATMOSPHÉRIQUE DE POLSOUNOW

(1765)

PAR

H. TCHIJEWSKY

INGÉNIEUR DES MINES

Il y a probablement beaucoup d'hommes non seulement à l'étranger, mais même en Russie pour lesquels le nom de Polsounow est inconnu. Ce travailleur fut cependant, dans son pays, le premier constructeur de machines à vapeur. Étant donné l'état si peu avancé de l'industrie mécanique à cette époque, sa machine présente un progrès considérable sur celle de Newcomen qui seule l'a précédée et atteste une fois de plus la sagacité et la ténacité énergique de l'homme du peuple qui n'a pas reçu d'instruction ou l'a reçue incomplète. La machine atmosphérique perfectionnée par Polsounow, et dont le prototype était la machine de Newcomen n'est pas une invention accidentelle, pas plus un essai, mais bien le résultat d'idées raisonnées; la machine est calculée d'avance et exécutée suivant un dessin technique.

Jean Polsounow est le fils d'un soldat d'Ekaterinembourg qui s'appelait Jean aussi et s'était engagé sous Pierre le Grand en 1723. L'année de la naissance de Jean Polsounow fils est indécise; on ne peut l'établir que par son entrée à l'école d'Ekaterinembourg en 1742 à l'âge de douze ans, ce qui permet d'admettre que l'année de sa naissance est 1730 environ.

A l'école d'Ekaterinembourg, il apprit l'arithmétique, la géométrie, la trigonométrie, l'exploitation des mines, le calcul des logarithmes, la perspective, le dessin, le traçage et les principes de la mécanique. Étant un des meilleurs élèves, il fut admis dans les ateliers aux appointements de 60 copecks par mois, sans pour cela quitter l'école où il restait tous les jours jusqu'à midi. Nous

voyons ainsi que l'école était non seulement théorique mais aussi pratique, l'école professionnelle existait donc déjà à cette époque dans l'Oural !

Après avoir reçu son certificat, il fut admis comme élève mécanicien dans les ateliers avec 12 roubles par mois et resta à Ekaterimbourg pendant cinq ans.

Nous le retrouvons ensuite à Barnaoul en Sibérie, où il est engagé par Beer. En trois ans, il est nommé Unter-Schichtmeister et on lui propose d'apprendre l'art des mines, la fonte et l'essai des métaux précieux avec la promesse d'augmenter ses appointements. Jusqu'en 1759, il occupe à l'usine de Barnaoul, différents postes en dehors de sa spécialité — la mécanique. Le 30 mars 1759, il est nommé officier du premier rang et sa position ainsi que sa situation matérielle se trouvent beaucoup améliorées.

Jusqu'en 1762, on n'entend pas parler de lui, lorsque le chef d'arrondissement de Kolivanovoskresensky, reçoit le 25 avril, une lettre de Polsounow dans laquelle il présente son « projet d'une machine travaillant par l'air et la vapeur qu'on produit en faisant bouillir de l'eau dans une chaudière, machine qui peut avoir son application dans les cas où on a assez de minerai et de combustible, mais pas assez d'eau ». L'idée première est prise de Newcomen dont la machine avait été décrite dans l'ouvrage de Schlatter : *Instructions détaillées sur l'art des mines*, ouvrage que Polsounow a trouvé dans la bibliothèque de Barnaoul.

La machine diffère de celle de Newcomen par les détails suivants :

1° Le balancier est supprimé et remplacé par un système de poulies à chaînes, l'une des poulies C reçoit le mouvement de va-et-vient par deux chaînes *m* et *n* attachées par un bout sur la poulie et par l'autre sur les pistons des cylindres A et B ; sur le même arbre que C est montée la poulie E de même diamètre qui transmet le mouvement aux soufflets SS par les poulies de renvoi F et G.

2° Au lieu d'un cylindre, Polsounow en a installé deux qui travaillent successivement, grâce à un jeu de robinets à trois eaux *r* et *r'*. En supposant, par exemple, que le piston du cylindre A soit en haut de sa course, le robinet *r* est ouvert et la vapeur, à la pression de 1 *atm*, arrive par le tuyau *t* au-dessous du piston A. Quand A est rempli de vapeur le robinet *r'* s'ouvre et l'eau entrant par le tuyau *t'* condense la vapeur et pro-

duit ainsi le vide dans le cylindre A dont le piston redescend sous la pression atmosphérique. Dans ce mouvement, il fait monter le piston du cylindre B ; en même temps les deux barres *bb*, par les taquets *v* et les roues dentées *c* et *d*, font tourner les robinets de façon à supprimer la vapeur au-dessous du piston A et à l'admettre au-dessous du piston B, et ainsi de suite.

3° La chaudière ne diffère de celle décrite par Schlatter que par un tuyau spécial d'alimentation.

4° La distribution de vapeur et d'eau se fait par deux robinets *r* et *r'* manœuvrés automatiquement par l'intermédiaire des barres *b*.

On peut supposer que Polsounow avait pris l'idée des deux cylindres dans le « Theatrum machinarum » de Leupold (1724), mais ce système était destiné aux machines à haute pression tandis que Polsounow l'a appliqué dans les machines atmosphériques.

Les perfectionnements de Polsounow sont donc :

a) L'application des machines aux soufflets;
b) La transmission des mouvements par poulies et chaînes;
c) La distribution ingénieuse au moyen de taquets.

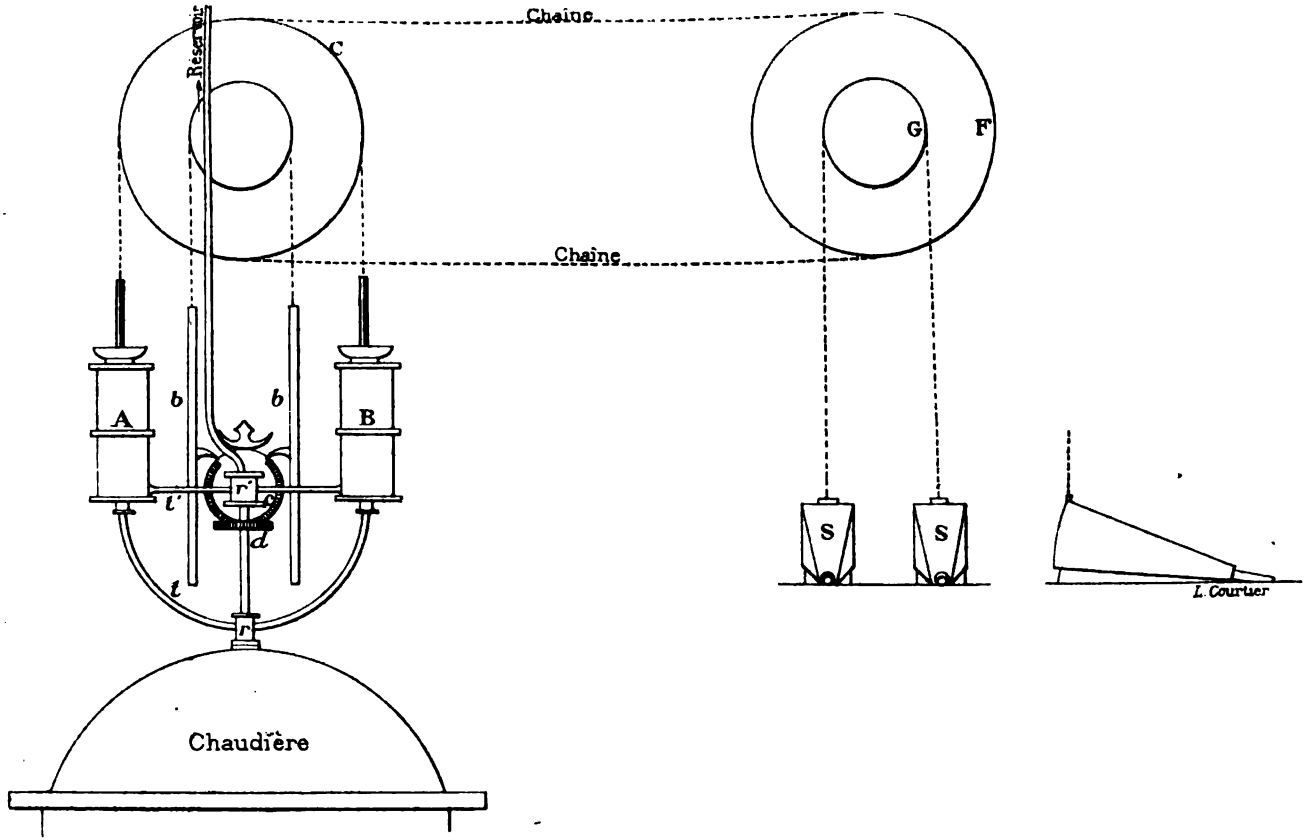
La réponse de sa lettre au chef d'arrondissement fut :

La machine existe déjà depuis longtemps en Europe et est appliquée avec un succès considérable, cependant on lui permet la construction d'une machine pareille et l'on présente à l'impératrice l'invention de Polsounow avec demande de récompense et du grade de mécanicien.

Schlatter, dont Polsounow avait perfectionné la machine, et à qui l'impératrice avait soumis la nouvelle machine approuva les modifications de Polsounow; mais en faisant observer que la machine devait dépenser en vingt-quatre heures 128 pieds cubes de bois, c'est-à-dire qu'elle ne serait pas économique, qu'elle était sujette à beaucoup de réparations et par suite d'arrêts ; il vaudrait mieux, selon lui, installer deux cylindres indépendants dont l'un pourrait travailler quand l'autre serait en réparation.

Malgré tout, il fut décidé que Polsounow recevrait une récompense de 400 roubles (somme très forte pour cette époque) et le grade de mécanicien avec l'ordre de commencer la construction de sa machine.

Les remarques bien fondées de Schlatter ont troublé Polsounow. Aussi, au lieu de commencer la construction de sa machine, il


Chaine
Réservoir
C
G
F
Chaine
A
b
b
B
r'
t'
d
t
r
S
S
Chaudière
L. Courtier

tente de la perfectionner suivant les indications de Schlatter et ses propres idées. Les modifications furent les suivantes :

1° Les poulies étaient remplacées par deux balanciers reliés par des entretoises formant axes suivant le type de Schlatter, deux axes correspondaient aux pistons, deux aux soufflets et les deux du milieu servaient pour les distributions d'eau et de vapeur.

2° Le plan des axes des cylindres était tourné de 90°.

3° Le tuyau d'alimentation avait une soupape automatique;

4° La disposition des réservoirs d'alimentation et la construction des pompes étaient changées;

5° L'appareil de distribution était composé :

a) De l'appareil proprement dit;

b) D'un renvoi de mouvement intermédiaire.

Malheureusement, les dessins de cette machine perfectionnée ne nous sont pas parvenus, nous ne possédons que ceux de son premier projet.

Polsounow commença son travail en avril 1764, sans être dérangé jusqu'en 1765, quand l'impératrice, qui s'intéressait beaucoup à sa machine, lui demanda des renseignements sur son état d'avancement. Dans son rapport à l'impératrice, Polsounow dit qu'il travaille seulement avec deux monteurs, les autres n'étant que des manœuvres pour le transport des grosses pièces, que malgré cela il a déjà terminé environ cent dix pièces et que la machine sera bientôt prête. De ce jour, commence pour Polsounow un travail fiévreux, sans ouvriers, faisant à la fois le constructeur, le dessinateur et l'ouvrier, troublé d'un côté par l'administration et de l'autre par l'insuffisance du matériel, il n'eut pas la force de supporter ce travail de géant et tomba malade de la poitrine.

Par suite du manque d'une chaudière la finition du travail fut remise au printemps; mais le 18 avril 1766 il crachait le sang en abondance et il lui était impossible de quitter le lit.

Le 21, il fait faire, par son élève Tchernitsine, son testament dans lequel il demande à l'administration de payer à sa femme et à ses enfants les 400 roubles qui lui ont été promis par l'impératrice et qu'il aurait dû toucher depuis longtemps, il donne ensuite ses dernières instructions à ses élèves pour leur permettre de continuer son travail après sa mort et, le 16 mai, il expire à 6 heures du soir.

La machine était presque finie, puisque le 22 ses élèves en-

voient un rapport disant que la machine peut être mise en marche.

Le 23 mai, en présence de M. Paroschine, chef de l'arrondissement de Kolivanovoskresensky, les premiers essais sont faits; on constate la marche régulière de la machine et un débit d'air suffisant pour dix ou douze fourneaux, mais en même temps on manque d'eau, pendant six semaines on cherche les solutions plus ou moins heureuses et on finit par installer des pompes à main. Cette machine eut un assez triste sort.

Le 4 juin, après beaucoup d'essais, on résolut de construire trois fourneaux circulaires (Kroumofen) pour fondre le minerai.

Le 4 août, on commence à fondre avec de nombreux arrêts causés par les fuites aux garnitures des pistons que Polsounow avait prévues, formées de cuir couvert de toile; mais dès son arrivée, Paroschine remplaça le cuir par du liège, qui perdit vite son élasticité; de là, venaient les fuites entre les pistons et les parois des cylindres. On ne pouvait remplacer le liège, on avait pris tout ce que contenait la pharmacie, 3 livres et demie environ, on en envoya chercher à Ékaterinebourg et à Tobolsk ; pendant ce temps, on essaya de remplacer le liège qui manquait par du bouleau en le serrant contre les parois du cylindre avec des ressorts. Dans ces conditions, la machine a bien travaillé jusqu'au 10 novembre, mais la chaudière étant brûlée il fallut éteindre le feu.

La machine ne fut jamais remise en marche par suite de l'abondance de l'eau et ne put pas être transportée dans un autre endroit, personne n'étant capable de la démonter et de la remonter.

Voilà maintenant le calcul de la machine tel qu'il fut fait par Polsounow et présenté à l'Impératrice avec une introduction sur les théories des gaz et des vapeurs.

Le diamètre des cylindres est de 9' pouces.

La pression atmosphérique en colonne de mercure : 29'2030.

— — en colonne d'eau :

$$29',2 \times 14 = 406'$$

Le poids d'un pied cube = 1 728 pouces ^{3} = 1 poud 27 livres.

Ainsi les 406 pouces donnent une pression de $\frac{67\,406}{1\,728} = 15\ 3/4$

livres; la pression de l'atmosphère sur toute la surface du piston = 63 9/14 pouces².

$$15\ 3/4 \times 63\ 9/14 = 25 \text{ pouds } 2\ 1/4 \text{ livres,}$$

la course du piston $h = 6$ pieds, celle des soufflets 21" pouces; par suite, la pression sur les soufflets est $\frac{6 \text{ pieds}}{21 \text{ pouces}} = 3\ 1/4$ fois plus (environ) que la pression sur les pistons, ce qui fait :

$$25 \text{ pouds } 2\ 1/4 \text{ livres} \times 3\ 1/2 = 87\ 1/2 \text{ pouds}$$

pour le frottement des différents organes de la machine, 7 pouds. Une certaine quantité de travail est dépensée par la pompe. Le tuyau d'admission de l'eau a un diamètre $d = 3\ 1/2$ pouces, sa section est $s = \frac{\pi d^2}{4} = 9\ 1/2$", hauteur du tuyau $h = 420" = 5$ sagenes; le volume d'eau $v = s\ h = 9\ 1/2 \times 420 = 4000$ pouces³ environ, ce qui correspond à $\frac{4000}{1728} . 67 = 160$ livres ou 4 pouds environ et avec le frottement $4 + 7 = 11$ pouds environ.

Il reste pour les soufflets $87\ 1/2 - 11 = 76\ 1/2$ pouds environ. Une certaine quantité de travail est perdue parce qu'il reste toujours de l'air sous le piston et que cette résistance ne peut être calculée, la température, la dilatation et l'élasticité étant inconnues.

Le constructeur dit aussi que la température la plus convenable pour l'eau, c'est la plus basse possible, c'est-à-dire 0°. Dans ces conditions, le travail sera plus parfait.

La machine qui avait été calculée par Polsounow pour faire mouvoir deux soufflets se trouva beaucoup trop forte quand elle fut mise en marche, ses élèves le constatèrent sans pouvoir l'expliquer et se contentèrent de profiter de l'excès de puissance dont ils pouvaient disposer pour ajouter quatre soufflets aux deux premiers. Il est certain que si Polsounow ne fut pas mort avant la mise en marche de sa machine, il eût découvert la raison de cette anomalie apparente qui doit être attribuée à ce fait que la vapeur se trouvait dans la chaudière à une pression supérieure à l'atmosphère. Il eût alors certainement transformé sa machine atmosphérique en machine à vapeur.

En outre des calculs indiqués ci-dessus, Polsounow a aussi présenté la liste des matières nécessaires pour la construction de sa machine qui est presque entièrement en cuivre.

		pouds	livres
La tuyauterie dont la longueur totale est 52 sagenes	pèse	9	4
Les brides correspondantes	»	1	12
La chaudière dont le diamètre $d = 5$ pieds (en cuivre)	»	20	
Les deux cylindres $d = 9'$, $l = 6'$, $e = 1/2'$ . .	»	30	9
La tuyauterie des pompes	»	9	10
Les couvercles des cylindres.	»	2	26
Les tuyaux de communication.	»	2	
11 robinets de 4 livres	»	1	L
Le reste, pistons, etc.	»	6	4
TOTAL . . .		80	25

En remplaçant la tuyauterie en cuivre, qui n'est pas soumise à une haute température, par une tuyauterie en plomb, il faut :

Plomb	125 pouds environ.
Cuivre.	70 — 9 livres.

La biographie de Jean Polsounow et la description de sa machine sont extraites d'un rapport inédit (avec documents historiques et dessins de M. P. O. Tchoupine).

On peut aussi trouver dans la « Rousskaja starina », décembre 1883, la biographie, la description de la machine et les calculs de Polsounow.

SUR LA RECHERCHE

DES

EAUX SOUTERRAINES

PAR

M. P. CHALON

I

Introduction.

L'hydrologie souterraine est l'étude des eaux qui circulent à l'intérieur du globe. C'est une science encore peu connue, qui manque de règles claires et suffisamment pratiques, et qu'il n'est pas possible de définir rigoureusement par un ensemble de lois précises.

Jusqu'au milieu de ce siècle, la profession de *sourcier* ou de *fontainier* était accaparée par quelques empiriques, gens le plus souvent dénués d'instruction, mais qu'une certaine pratique guidait dans la recherche des sources par l'observation des signes extérieurs.

Je ne parle pas des fameux *bacillogires* qui opéraient avec la baguette divinatoire, baguette de coudrier à extrémité fourchue qui, entre les mains de l'opérateur, se redressait spontanément et brusquement dès qu'elle se trouvait au-dessus d'une source ou d'un écoulement souterrain.

C'est à l'abbé Paramelle que revient l'honneur d'avoir le premier tenté d'appliquer, d'une manière rationnelle, la connaissance géologique et stratigraphique des terrains à l'étude de l'hydrologie.

Dans un livre des plus intéressants *l'Art de découvrir les sources*, dont la première édition fut publiée en 1856 (1), l'abbé Para-

(1) Une nouvelle édition vient d'être publiée, à la Librairie polytechnique Baudry et Cie, éditeurs, 15, rue des Saints-Pères. Paris, 1896.

melle, rejetant, d'une manière peut-être trop absolue, les procédés empiriques des *sourciers*, ses devanciers, indique les moyens propres à étudier la circulation des eaux souterraines, et cite, à l'appui de ses théories, les nombreuses sources qu'il a découvertes en divers points de la France.

Depuis l'année 1856, beaucoup de progrès ont été réalisés dans cette voie, mais il n'en reste pas moins indéniable que les travaux du célèbre abbé ont servi à établir les bases principales de l'hydrologie souterraine, et ont contribué dans une large mesure à en faire une science expérimentale relevant de la géologie et de la stratigraphie.

En ces derniers temps, les travaux d'Elie de Beaumont et de Dufrénoy, et plus tard ceux de Burat, B. von Cotta, Dana, Daubrée, A. von Groddeck, Lyell, Philips, Posepny, etc., ont jeté une vive lumière sur la question des formations géologiques et ont ainsi facilité l'étude et la recherche scientifique des eaux souterraines. A la vérité, les études de ces savants ingénieurs et géologues ont principalement eu pour objet la genèse des gisements métallifères, mais la corrélation de ceux-ci avec les eaux minéralisées, ascendantes ou descendantes, est si grande et, j'ajouterai, si incontestable, que l'étude des uns se confond en quelque sorte avec l'étude des autres.

II

Genèse des eaux souterraines et leur action sur les roches.

La genèse des eaux souterraines et l'explication de leur renouvellement continuel ont été l'objet de nombreuses controverses jusqu'à l'époque actuelle. Mais tous les savants, y compris Descartes, n'ont guère fait que disserter sur l'opinion émise par Lucrèce, au premier siècle avant Jésus-Christ, dans son admirable livre *De naturâ rerum*.

Pour Lucrèce, la terre est un corps poreux (1). « Comme elle

(1) Lucrèce, *De la nature des choses*. Traduction de Lagrange. T. II, livre VI. Librairie de la Bibliothèque nationale.

« environne de tous côtés la mer qui lui est contiguë, la mer « ne peut recevoir les eaux de la terre sans que celle-ci reçoive « à son tour celles de la mer qui se filtrent en effet dans le sein « du globe, se replient sur elles-mêmes, se rassemblent à la « source des fleuves et, ainsi purifiées, coulent sur la terre à « l'endroit où sa surface entr'ouverte facilite la trace liquide de « leurs pas. »

Dix-huit siècles plus tard, Descartes expliquait l'origine des sources dans des termes presque identiques, en son livre des *Principes de la philosophie*. On ne se doutait pas, au temps de Descartes, de la quantité prodigieuse d'eau qui, s'évaporant à la surface des terres et des mers, retourne dans l'atmosphère; et cette vérité, banale aujourd'hui, que les cours d'eau superficiels et les nappes aquifères souterraines sont exclusivement alimentés par les condensations atmosphériques, a été méconnue jusqu'à notre époque. Je n'en ai trouvé mention, pour la première fois, d'une manière nette et affirmative, que dans l'ouvrage de M. J. Degousée, *Guide du sondeur*, dont la première édition a été publiée en 1847.

« En résumé, dit M. Degousée (1), la quantité d'eau qui, « élevée par l'évaporation dans l'atmosphère, retombe sous la « forme de pluie, de neige, de grêle, de rosée et de brouillards, « sur les continents, est plus que suffisante pour alimenter les « cours d'eau qui circulent à leur surface ou dans les cavités « intérieures.

« Cette conclusion si simple et si féconde, rapprochée des sys- « tèmes pénibles et compliqués qu'a successivement produits « l'ancienne physique, présente une de ces leçons par lesquelles « l'histoire des sciences humilie si souvent l'orgueil de notre « esprit, et lui apprend qu'il ne peut rien savoir par lui-même « des plans de la création ; que, livré à ses seules ressources, il « n'a nul accès vers la réalité ; et qu'enfin, pour connaître la « nature, il doit se résoudre à l'interroger en recueillant par l'ob- « servation ce qu'elle-même veut bien nous laisser voir à travers « ses voiles. »

Ainsi donc, les eaux et l'humidité atmosphérique qui tombent à la surface du sol se renouvellent constamment. La majeure partie retourne à l'atmosphère sous forme de vapeur, une autre

(1) *Guide du sondeur*, p. 109. Langlois et Leclercq, éditeurs. Paris, 1847.

portion s'écoule le long des pentes et versants pour alimenter les cours d'eau, et le reste pénètre dans les sols meubles et les roches perméables.

En arrivant au contact des sols meubles, les eaux les traversent en s'insinuant le long des racines des plantes, et celles-ci les utilisent, en partie, pour puiser dans le sous-sol les principes nécessaires à leur nutrition : chaux, potasse, acide phosphorique, etc. L'excès d'eau, l'eau qui n'est pas utilisée pour la sève, continue à descendre lentement en filets capillaires et en suintements jusqu'à ce qu'elle rencontre une surface imperméable qui l'arrête et l'oblige à s'écouler en suivant ses variations de pentes, pour s'échapper finalement en sources sur des versants ou couler en nappes aquifères au-dessus d'un thalweg.

Si les racines sont nombreuses et importantes, il se produit une sorte de débit lent et continu; et il en résulte un régime d'eaux souterraines lent et régulier. Ce système donne naissance aux *nappes pérennes*, aux *sources perpétuelles*.

Si, au contraire, les racines sont grêles, rares — et c'est le cas d'une friche — les eaux filtrent plus rapidement jusqu'au sol imperméable; elles arrivent à produire des *sources accidentelles* et, d'une manière générale, une sorte de régime torrentiel. De plus, leur action fréquente dénude peu à peu le terrain qu'elles ravinent par l'entraînement des terres végétales.

On s'explique, par ce qui précède, comment le déboisement peut amener, dans une région, la stérilité et un changement de régime des eaux de surface. C'est qu'en effet les forêts sont de véritables régulateurs de l'humidité, car elles retiennent par leurs tiges, leurs racines et leurs feuilles, les eaux et les neiges sur le sol. Elles prolongent ainsi la durée de l'évaporation, en même temps qu'elles ralentissent l'écoulement des eaux superficielles et les infiltrations.

Il n'est plus permis de douter, aujourd'hui, que le déboisement diminue les pluies et accentue les crues des rivières.

Les eaux pluviales qui s'infiltrent dans le sol produisent divers effets que je vais passer en revue.

Observons d'abord qu'en traversant l'atmosphère, elles absorbent des gaz avec lesquels elles forment de véritables combinaisons, acides ou basiques. Le coefficient d'absorption varie avec la température; il est plus considérable pour la neige que pour la pluie, comme on le voit par les chiffres suivants établis par Bunsen :

Coefficients d'absorption des gaz dans un litre d'eau ramené à 0° et 760 mm (Bunsen).

Gaz absorbés	à la température de 0° en litres	à la température de 15° en litres
Air atmosphérique. . . .	0,025	0,018
Oxygène	0,041	0,030
Hydrogène	0,019	0,019
Acide carbonique	1,797	1,002
Oxyde de carbone. . . .	0,033	0,024
Protoxyde d'azote. . . .	1,305	0,778
Hydrogène sulfuré. . . .	4,370	3,230
Chlore	1,43	2,50
Acide sulfureux.	80,00	47,00
Ammoniaque	1 050,00	727,00

Lorsqu'elles arrivent au contact du sol, les eaux ont donc déjà emprunté à l'atmosphère des éléments variés, tels que de l'oxygène, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, de l'acide nitrique et d'autres encore, que décèle l'analyse.

Voici, d'après M. Villon (1), une analyse moyenne des eaux météoriques suivant les saisons :

Composition des eaux météoriques (Villon).

Matières contenues	Pluie (suivant les saisons) en centimètres cubes	Neige en cent. cubes
Oxygène.	8,42 à 7,75	»
Azote	16,40 à 16,80	»
Acide carbonique	0,42 à 0,60	»
Ammoniaque.	0,004 à 0,016	0,00017
Acide nitrique	0,001 à 0,0003	»
Carbonate d'ammoniaque . .	0,00174	0,00129
Nitrate — . .	0,00189	0,00145
Chlorure de sodium.	»	0,01704
Sulfate —	0,0107	0,01563
— de calcium	0,00087	0,00088
Matières organiques.	0,02486	0,02385

Tous ces éléments donnent à l'eau un grand pouvoir oxydant et dissolvant; aussi, lorsqu'elle pénètre les terres arables, est-elle

(1) *Dictionnaire de Chimie industrielle*, par MM. Villon et Guichard. Fascicule 15. Art. *Eau*. Bernard Tignol, éditeur, Paris. 1897.

en mesure de leur emprunter, par échange ou par réactions chimiques, des acides organiques : *carbonique*, *oxalique*, *malique*, *citrique*, etc., des acides inorganiques : *sulfurique*, *chlorhydrique*, *iodhydrique*, et des matières diverses comme les *oxydes de fer et de manganèse*, l'*alumine*, des *alcalis*, etc.

On conçoit que dans ces conditions les eaux infiltrées soient efficacement préparées pour attaquer les roches. Il se produit des oxydations, des dissolutions, des échanges divers. Les eaux se minéralisent; elles deviennent *calcaires*, *magnésiennes*, *potassiques*, *sodiques*, *ferrugineuses*, ou encore *sulfatées*, *chlorurées*, *carbonatées*, etc.

Ainsi, en traversant les fissures d'une roche calcaire, l'eau abandonne ses éléments ferrugineux et alumineux, elle prend de l'acide carbonique et peut alors dissoudre les carbonates.

De même au contact des roches feldspathiques — et j'admets que le feldspath est composé de silice en dissolution dans un silicate d'alumime et de potasse — les eaux dissolvent la potasse à l'état de carbonate; la silice et l'alumine libres sont hydratées et forment une combinaison de *kaolin*, silicate d'alumine pur qui est la base des argiles. Puis, l'action des eaux continuant, ces matières sont entraînées et vont former des dépôts sédimentaires argileux.

Certains cas particuliers intéressants peuvent se présenter. Ainsi, lorsque l'eau d'infiltration se trouve en contact avec des matières organiques en décomposition, il y a dégagement d'acide sulfhydrique, et l'oxyde de fer qu'elle entraînait est transformé en pyrite. Ce fait explique la présence si fréquente des pyrites en rognons, veines et veinules dans un grand nombre de terrains : calcaires, schistes, houilles, lignites, tourbes, etc.

Inversement, si les eaux infiltrées rencontrent de la pyrite, elles se chargent d'acide sulfurique. Leur action subséquente sur les roches devient alors des plus énergiques. C'est ainsi qu'au contact des chlorures, l'acide chlorhydrique est mis en liberté, et l'eau ainsi acidifiée est en état de décomposer les roches siliceuses et silicatées, et même de dissoudre la silice ; c'est de cette facon que se sont formés les dépôts de silice concrétionnée, cellulaire et en rognons.

Cette circulation d'eaux souterraines chargées de matières minérales explique également la formation des filons métallifères par le remplissage de crevasses rencontrées sur leur passage.

Les matières des filons affectent généralement un état différent de

celui sous lequel elles existaient en dissolution; mais c'est là un phénomène d'ordre spécial et qui est dû à divers effets chimiques, calorifiques et électrolytiques, se manifestant sous l'influence d'une pression plus ou moins considérable.

D'autre part, ces eaux peuvent descendre à une certaine profondeur, s'y échauffer et remonter à la surface par siphonnement, pour s'y écouler ensuite en sources vives. Ce sont les sources dites *thermales* qui, en s'échappant du sous-sol, déposent du carbonate de chaux, des oxydes de fer, de la silice, etc. — Lorsque ces eaux thermales sont en connexion avec des gisements ou filons, leur rencontre, pendant une exploitation de mines, devient un véritable désastre, car les eaux chaudes font irruption dans les puits et galeries, et le travail doit être à tout jamais abandonné si l'on ne trouve le moyen de les évacuer par une galerie d'écoulement.

Le cas s'est produit, en 1895, en Bolivie, aux fameuses mines de Huanchaca, où l'on a subitement rencontré, à l'étage 450, une source d'eau, à la température de 70° *c.*, dégageant une grande quantité d'acide carbonique, et qui a paralysé tous les travaux d'abatage jusqu'à la hauteur 426.

Il semble résulter, de tout ce qui précède, que les eaux souterraines, outre les gaz et les sels qu'elles tiennent en dissolution sont chargées d'une foule d'impuretés. Or, il n'en est rien; car par une longue circulation dans les sables, dans les cailloux et dans les terres mélangées d'argile, les matières organiques qu'elles entraînent sont oxydées par l'oxygène de l'air qui remplit les vides de tous ces matériaux. On sait en outre que cette oxydation agit efficacement pour détruire les organismes vivants ou morts; et les hygiénistes ont établi que les eaux qui traversent une couche de sable de deux à trois mètres d'épaisseur sont purifiées de la plus grande partie des matières organiques et des germes pathogènes entraînés.

Mais ce filtrage, s'il est vrai qu'il leur enlève leurs éléments malsains au point de vue pathologique, ne diminue en rien leur teneur minérale, et leur action chimique peut s'exercer sur les roches, quelle que soit l'épaisseur des sables filtrants qu'ils aient traversés. D'ailleurs, cette action n'est pas la seule qu'elles exercent; il faut encore tenir compte des effets particuliers d'hydratation qui peuvent même devenir énergiques en certains cas, quoique assez lents en général.

Il arrive, en effet, qu'en traversant les fissures d'une roche l'eau

en ronge les parois ; puis la porosité augmente peu à peu, et l'hydratation gagne de proche en proche. En outre, il se produit des gonflements et, par suite, des fendillements nouveaux qui se prêtent à l'activité toujours croissante du travail des eaux.

C'est ainsi qu'une roche arrive à se transformer complètement ; l'*anhydrite*, par exemple, qui est un sulfate de chaux anhydre, est transformé en *gypse*, ou sulfate de chaux hydraté, et comme la densité du second, 2,33, est moindre que celle du premier, 2,98, la modification de la roche amène en même temps une augmentation importante de son volume et, par suite, des effets mécaniques qui favorisent de plus en plus le passage des eaux à travers la croûte terrestre.

Si la roche n'est pas totalement transformée sans modification notable, elle peut subir une modification partielle ; c'est ce qui arrive quand les eaux hydratent quelques-uns seulement des éléments variés qui la composent. C'est le cas du *feldspath* transformé en *kaolin ;* là encore il y a des mouvements et des dislocations provoqués par une augmentation de volume ; la densité du kaolin étant 2,20, tandis que celle du feldspath est 2,60.

Enfin, il peut y avoir attaque ou dissolution d'un ou plusieurs éléments d'une roche composée. Ainsi, lorsqu'un calcaire contient du fer ou du manganèse, ces métaux sont peu à peu attaqués par les eaux chargées de matières acides ou alcalines ; il en résulte un accroissement considérable de la porosité, et la roche est lentement transformée en une matière jaunâtre, molle et pulvérulente.

Un calcaire très compact, le calcaire bleu du terrain dévonien, par exemple, qui ne s'altère pas à l'air et se recouvre seulement d'une légère patine grise, est peu à peu attaqué quand il est recouvert d'une épaisseur de quelques mètres de terres arables ; les eaux pluviales, en traversant ces terres, deviennent alcalines et attaquent le calcaire qui, à la longue, se transforme en une matière ayant la couleur et l'aspect du bois pourri.

De même encore, les roches à mica noir, à hornblende, à pyroxène, etc., se détruisent rapidement, car l'eau peroxyde les oxydes de fer qu'elles renferment.

Les affleurements des filons et gîtes métallifères sont complètement modifiés par l'action des eaux météoriques ; il y a successivement désagrégation, hydratation et oxydation. Les matières du filon deviennent poreuses, friables et, par suite, de plus en plus pénétrables à l'humidité, et l'altération gagne lentement en

profondeur. C'est ainsi que se forme ce dépôt terreux, de couleur jaunâtre, si connu des mineurs sous le nom de *chapeau de fer* (*eisenhut* des Allemands, *gossan* des Anglais).

L'effet de décomposition des terrains superficiels par les eaux qui les pénètrent est forcément limité en profondeur, car, en perdant leur oxygène au contact des premières couches qu'elles rencontrent, les eaux deviennent de moins en moins actives; puis, à partir d'une certaine limite, leur action ne se produit pour ainsi dire plus. Cette limite est ce que l'on appelle le *niveau hydrostatique* de la région; c'est la zone de séparation du chapeau de fer et du gisement resté intact, qu'il ne faut pas confondre avec le *niveau de drainage*, ou surface imperméable qui arrête complètement l'infiltration des eaux descendantes.

III

Conditions de perméabilité ou d'imperméabilité des terrains.

Terrains perméables.

Les eaux pluviales qui pénètrent dans le sol commencent par imbiber les terres meubles, puis se glissent entre les vides et descendent jusqu'à ce qu'elles rencontrent une surface impénétrable, une roche imperméable. Là elles se réunissent et forment une sorte de régime d'eaux souterraines qui présente une certaine analogie avec celui des eaux de surface.

Ces terrains meubles proviennent de la désagrégation et de la décomposition des roches, à la faveur des infiltrations liquides que nous avons signalées et avec le concours d'agents parfois très actifs, comme la chaleur, la gelée, le vent, l'effort violent exercé par les plantes et racines qui les pénètrent, etc.

C'est ainsi que les *roches siliceuses* : quartz, quartzites, schistes siliceux, grès, silice concrétionnée et cellulaire, se transforment en sables siliceux, graviers et galets.

Les *roches feldspathiques* : granites, gneiss, micaschistes, porphyres, trachytes, syénites, diorites, diabases, ophites, etc., etc., produisent des sables et des terres kaoliniques riches en potasse.

Les *schistes* fournissent des terres argileuses et siliceuses.

Les *calcaires*, en s'émiettant, donnent des terres et des sables riches en chaux.

Tous ces matériaux meubles, terres, sables et débris de roches, dévalent sur les pentes où ils forment parfois des terrasses étagées et s'accumulent dans les plaines et le fond des vallées. A la longue, quand ils ne sont pas entraînés par les cours d'eau de la surface, ils s'amassent en couches épaisses, que consolide la végétation, mais qui se laissent facilement pénétrer par l'humidité.

L'absorption de l'eau peut se faire de trois manières différentes :

1° Par imbibition dans les terres et dans les roches poreuses ;

2° Par remplissage des vides dans les sables et les roches fragmentaires ;

3° Par pénétration dans les fissures des roches diaclasiques.

1° Pouvoir absorbant par imbibition. — Les terres et les roches poreuses retiennent l'eau par imbibition et cet effet, variable selon la nature des substances, est dû à la porosité et à la capillarité.

Les roches internes qui se trouvent à l'abri de l'air atmosphérique et qui, par suite, ne sont pas exposées à l'évaporation, contiennent toujours, lors même qu'elles ne sont ni traversées, ni baignées par des couches aquifères, une certaine quantité d'humidité, constitutionnelle pour ainsi dire, et qu'on désigne plus particulièrement sous le nom d'*eau de carrière*, quand elle s'applique aux matériaux de construction.

Mais, lorsqu'elles sont susceptibles d'être pénétrées par les liquides, elles s'imbibent par porosité et capillarité.

L'imbibition n'a pas de limite minima ; elle en a une maxima, c'est la *saturation*. Au delà de cette limite, l'excès d'eau s'écoule.

Il est aisé de déterminer expérimentalement le pouvoir absorbant maximum des terres par imbibition. On sait, par exemple, que :

100 *kg*	de terre	tourbeuse,	après dessiccation à l'air,	peuvent retenir	85 *kg* d'eau.
100 *kg*	—	argileuse,	—	—	70 *kg* —
100 *kg*	—	argilosiliceuse,	—	—	50 *kg* —
100 *kg*	—	calcaire,	—	—	45 *kg* —

Mais quand il s'agit des roches, cette détermination est plus difficile, car elle varie considérablement selon que celles-ci sont à l'état compact, en fragments ou en poudre.

A l'état compact :

1 m^3 de craie peut absorber	jusqu'à	0,200 d'eau.
1 m^3 de grès —	de 0,050 à	0,100 d'eau.
1 m^3 de calcaire —	de 0,004 à	0,005 —
1 m^3 de granite —	de 0,0025 à	0,005 —

Ces chiffres diffèrent notablement de ceux que l'on obtient lorsqu'on opère sur des fragments ou des poussiers. Voici quelques résultats, empruntés à une étude de M. Delesse (1), sur les eaux de carrière et d'imbibition des matériaux de construction :

Substances.	En fragments.	En poudre.
100 parties de craie, peuvent absorber	24,00 parties d'eau.	41 parties d'eau.
100 — schiste noirâtre, peuvent absorber	2,85 —	36 —
100 — gypse, —	2,20 —	26 —
100 — grès quartzeux fin, —	0,66 —	»
100 — schiste ardoisier, —	0,19 —	31 —
100 — marbre gris, —	0,08 —	17 —
100 — granit amphibolique, —	0,06 —	27 —

2° *Pouvoir absorbant par remplissage des vides.* — Les sables, les galets, les pierres, les roches fragmentées retiennent les eaux, par imbibition d'abord, mais surtout par remplissage de vides entre leurs éléments.

Voici les résultats d'expériences entreprises avec un certain nombre de matériaux, préalablement desséchés par exposition à l'air. On en remplissait jusqu'aux bords un baril de 110 litres, puis on versait de l'eau par litres, jusqu'à ce qu'il y eût un commencement d'écoulement par le haut.

1 m^3 de sable très fin homogène, peut retenir dans ses vides		0,200 d'eau.
1 m^3 de sable fin ordinaire,	—	0,300 —
1 m^3 de petit gravier, jusqu'à 8 ou 10 *mm*,	—	0,350 —
1 m^3 de gravier, jusqu'à 25 *mm*,	—	0,400 —
1 m^3 de cailloux roulés, galets, jusqu'à 6 ou 7 *cm*,	—	0,400 à 0,450 d'eau.
1 m^3 de gros cailloux, jusqu'à 10 *cm*,	—	0,450 à 0,500 —
1 m^3 pierres, de 10 à 20 *cm*,	—	0,500 d'eau.

Comme on le voit, la capacité d'absorption est d'autant plus grande que les éléments sont plus gros, c'est-à-dire que les vides entre les grains de sable ou les pierres sont plus importants.

Au delà de ces proportions limites, l'eau circule entre les sables et peut les mettre en mouvement s'ils ne sont retenus convenablement entre des parois imperméables ou bien encore si celles-ci, rongées ou minées, se creusent, se fragmentent ou se délitent par un excès d'eau.

C'est un phénomène de ce genre qui produit les chutes si fréquentes de roches, les glissements de montagnes et les affaissements de terrains.

Les imbibitions de terres et de sables se font avec lenteur, comme on peut s'en faire une idée par l'examen des expériences qui seront relatées plus loin (voir page 52) ; aussi s'explique-t-on que les eaux pluviales, particulièrement pendant la saison chaude, n'aient pas le temps de s'insinuer profondément dans le sol et retournent en majeure partie dans l'atmosphère sous forme de vapeur.

3° *Pouvoir absorbant des roches diaclasiques.* — Les roches sédimentaires provenant de sédiment de vases : *marnes*, *schistes*, *phyllades*, de dépôts de sables fins : *grès*, *grauwackes*, de sables grossiers, galets et débris de roches : *conglomérats*, *poudingues*, etc., et en général toutes les roches à structure schisteuse et laminée ont un pouvoir d'imbibition très limité, mais, par contre, elles sont souvent très perméables en raison des fentes et fissures dont elles sont sillonnées.

Il en est de même de certaines roches massives telles que les gneiss, les basaltes, les serpentines, les trapps, les craies, les calcaires et en général les roches à structure granulaire dont le degré de pénétration par imbibition est faible, comme on le voit par le tableau indiqué précédemment (p. 48).

Ces roches sont criblées de cassures ou *diaclases* qui sont quelquefois à peine visibles, mais dont les lèvres peuvent s'écarter jusqu'à former des fentes ou crevasses que remplissent peu à peu les terres et les sables de la surface. Ces cassures n'ont causé aucun mouvement, aucun déplacement de terrains ; elles se différencient ainsi des *failles* ou *paraclases* qui se manifestent sur de grandes étendues et produisent des dislocations et même des rejets ou déplacements des divers terrains affectés.

Les diaclases forment souvent un réseau de lignes parallèles ou croisées présentant une certaine apparence de régularité.

(1) *Recherches sur l'eau dans l'intérieur de la terre*, par M. Delesse. (*Bulletin de la Société Géologique de France*, 2e série, t. XIX. Paris, 1861.)

Elles donnent lieu généralement à deux directions de fissures, perpendiculaires ou légèrement obliques sur les strates, par lesquelles les eaux de surface pénètrent et produisent peu à peu des érosions, des cavités mêmes qu'elles remplissent de leur circulation continue.

Ces cassures s'observent bien par leurs commissures à la surface de certaines roches comme les calcaires et les grès, lorsque celle-ci vient d'être fraîchement déblayée des terres ou sables qui la recouvraient ; on les voit encore dans les tranchées, dans les éboulements, etc. Elles sont d'une grande aide au carrier dans son travail d'abatage et de débitage en blocs, car elles lui fournissent des plans de rupture quelquefois très nets.

Les failles ou paraclases, qui sont des accidents géologiques, résultant le plus souvent d'affaissement, interrompent la ligne de continuité des terrains, mais non la circulation des eaux, car les matières qui les remplissent deviennent perméables jusqu'à la hauteur du niveau hydrostatique, et les eaux d'infiltration les traversent et passent d'un côté à l'autre *(fig. 1)* du terrain perméable.

Si le rejet est assez grand pour séparer complètement les deux portions d'un banc de calcaire fendillé, les eaux qui descendent

Fig 1.

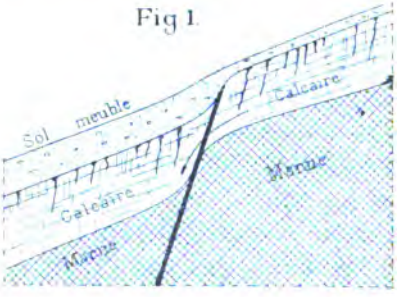
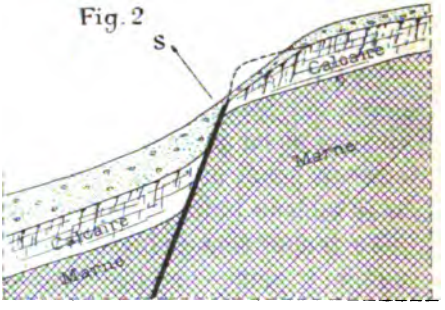


Fig. 2



sur la couche de terrain imperméable, en passant de l'autre côté de la faille, tendront à sortir à la surface *(fig. 2)* en donnant naissance à une source S.

En dehors des lithoclases ordinaires (diaclases et paraclases), les roches présentent encore des fentes produites par la pénétration des racines et des plantes qui, agissant mécaniquement et chimiquement à la fois, parviennent à engendrer des fissures et des dislocations et à ouvrir ainsi de nouveaux passages aux eaux.

Enfin il importe encore de tenir compte des *joints de stratification* déterminés par la succession des dépôts sédimentaires, et des *joints de clivage* ou de *schistosité* qui divisent les dépôts en lames et feuillets transversaux, et qui créent autant de minces canaux de circulation pour les liquides. Les roches éruptives elles-mêmes présentent souvent des diaclases, ou plutôt des plans de fracture qui tendent à les diviser en fragments parallélipipédiques (ophites, basaltes, etc.), et qui sont le résultat soit de contractions à la suite du refroidissement, soit de compressions déterminées par des mouvements dynamiques de la croûte terrestre.

En résumé, tandis que les terres, les sables et les matériaux détritiques livrent passage aux eaux météoriques par imbibition, porosité et capillarité entre leurs divers éléments, certaines roches deviennent perméables grâce à des fissures de diverses natures qui tendent à se développer de plus en plus à mesure que les liquides les pénètrent.

Les calcaires proprement dits sont caractéristiques. Citons encore les craies blanches et marneuses, la craie tuffau, les basaltes, et quelques roches à structure granulaire.

Certains grès, comme ceux des Vosges, dont les grains sont très grossiers, sont assez poreux. D'autres, comme ceux de Fontainebleau, Rambouillet, Chevreuse, etc., et qui sont formés de grains très fins, sont, au contraire, très poreux, mais leur fissilité est beaucoup plus grande.

Ajoutons encore, pour montrer le degré variable de perméabilité des roches que les *calcaires tertiaires* sont généralement très perméables ; ceux des terrains *crétacé*, *jurassique* et *triasique* le sont moins. Enfin les calcaires des terrains *houiller*, *dévonien* et *silurien* sont à peu près imperméables, sauf lorsqu'ils présentent des failles ou fentes de dislocation de largeur appréciable, car leurs diaclases sont généralement très jointives et laissent difficilement suinter l'eau.

Terrains imperméables.

Après avoir traversé les terrains meubles et les roches fendillées, les eaux pluviales finissent par rencontrer une roche imperméable qui les arrête et au contact de laquelle elles s'écoulent.

Il est rare que cette descente à travers le sol perméable se

fasse à une grande profondeur, car les terrains imperméables sont nombreux et alternent à diverses reprises avec les autres ; c'est donc presque toujours à peu de distance du sol que l'on doit rencontrer les écoulements souterrains. Les sols imperméables sont les *marnes* et les *roches compactes et massives*.

Les marnes sont des argiles intimement mélangées avec des terres ou des sables calcaires. Suivant que l'argile ou le calcaire prédomine, on les dit *argileuses* ou *calcaires*. Leur texture est généralement compacte ou terreuse ; on trouve aussi des marnes feuilletées, comme les *schistes bitumineux* et les *schistes cuivreux*. Elles présentent de grandes variations de couleur : gris, brun, rougeâtre et noir.

Toutes les marnes ne sont pas également imperméables. Les *marnes argileuses*, qui contiennent de 50 à 75 0/0 d'argile et 25 à 40 0/0 de calcaire, sont à peu près imperméables ; il en est de même des *marnes calcaires* qui renferment 20 à 30 0/0 d'argile et 50 à 70 0/0 de calcaires. Les premières sont d'une couleur foncée, les autres sont grisâtres. Elles se divisent et s'émiettent en se séchant, mais l'eau les gonfle et ressoude rapidement leurs éléments fissurés ou fragmentés.

Une autre variété, la *marne magnésienne*, de couleur verdâtre, qui contient de 13 à 30 0/0 de carbonate de magnésie, est également imperméable ; et comme particularité à signaler, les eaux qui séjournent à sa surface prennent une teinte blanche laiteuse.

Mais les marnes dites *sablonneuses*, qui sont des marnes calcaires mélangées d'une forte proportion de sable, 25 à 70 0/0, retiennent moins bien l'eau.

Les argiles sont souvent désignées comme terres imperméables. C'est une erreur. Elles s'imbibent très lentement, il est vrai, particulièrement lorsqu'elles sont pures, mais elles absorbent rapidement l'eau quand elles sont mélangées de sables siliceux ou calcaires, d'oxydes de fer ou autres impuretés.

Dans une note présentée, en 1883, à l'Académie des sciences, sur l'aptitude des terres à retenir l'eau (1), M. P. Pichard, directeur de la station agronomique de Vaucluse, relate une série d'expériences ayant pour but de reconnaître la résistance des sols au passage de l'eau et montrant, en même temps, avec quelle lenteur relative les eaux pluviales traversent les terres arables argileuses.

(1) *Aptitude des terres à retenir l'eau ; application à la submersion des vignes.* Note de M. P. Pichard. — *Comptes rendus*, t. 97, p. 301 ; 2e sem. 1883.

Voici quelques-uns des chiffres qu'il a trouvés en opérant sur des couches de terres préparées, de diverses natures, et ayant 50 *cm* d'épaisseur :

	Composition des terres.		Durée de l'imbibition totale.
I.	Argile grasse de Bollèvre.		55 jours.
II.	Argile	30	45 —
	Sable calcaire palpable.	70	
III.	Argile	20	42 —
	Calcaire palpable	80	
IV.	Argile	30	36 —
	Calcaire impalpable	15	
	Calcaire palpable	55	
V.	Argile	20	20 —
	Calcaire impalpable	25	
	Calcaire palpable	55	
VI.	Argile	30	16 —
	Silex impalpable.	15	
	Silex palpable.	55	
VII.	Argile	20	8 —
	Silex impalpable.	30	
	Silex palpable.	50	
VIII.	Argile	10	5 —
	Silex impalpable.	40	
	Silex palpable.	50	
IX.	Argile	10	6 —
	Calcaire impalpable	90	
X.	Argile	10	28 heures.
	Silex impalpable.	90	

Les compositions II, III, IV et V sont assimilables comme composition aux marnes calcaires; elles sont très peu perméables. Les terres VI, VII et VIII sont analogues aux marnes sablonneuses, elles sont plus perméables.

De ces intéressantes expériences, M. Pichard conclut :

« En ne tenant compte que de l'argile et des éléments impal-
« pables qui jouent le principal rôle au point de vue de l'étan-
« chéité, et en négligeant la perte d'eau due à l'évaporation, on
« peut, en se référant aux indications du tableau, estimer qu'un

« terrain, sol ou sous-sol, dans les conditions ordinaires, peu « caillouteux ou pierreux, sera propre à la submersion et retien- « dra l'eau sans renouvellement pendant cinquante jours, lors- « qu'il renferme :

Argile pure.	30 0/0
Argile.	20 —
Calcaire impalpable	20 —
Argile.	20 —
Silex impalpable.	30 —
Argile.	10 —
Silex impalpable.	60 —
Argile.	10 —
Calcaire impalpable	45 —

Ainsi donc, on ne doit pas considérer les argiles plus ou moins pures comme des terres absolument imperméables; on peut cependant faire une exception pour la *glaise*, variété d'argile contenant de la chaux et de l'oxyde de fer. Mais il faut remarquer que l'imperméabilité existe en fait quand il s'agit de couches argileuses superficielles ayant au moins 50 à 60 *cm* d'épaisseur, car l'eau pluviale, dans les circonstances ordinaires, n'a pas le temps de les pénétrer et trouve plus de facilité à retourner dans l'atmosphère sous forme de vapeur; on peut en dire autant des bancs argileux du sous-sol lorsque leur épaisseur est de plusieurs mètres.

Mais la perméabilité devient manifeste dans les circonstances anormales, lorsque, par exemple, la saison pluviale se prolonge outre mesure. Dans ce cas, il y a successivement imbibition des terrains argileux, saturation et enfin écoulement de l'excès d'eau qui provoque des déplacements de roches et des catastrophes comme celles que l'on a constatées pendant l'année 1896.

Les roches massives ou compactes considérées comme imperméables sont: la plupart des *granites et des porphyres*, les *roches granitiques et granitoïdes* (syénites, protogines, diorites, gneiss, etc.), les *schistes cristallins et métamorphiques*, *certains grès à grains très fins*, *la craie verte ou glauconienne*, les *dolomies liasiques et permiennes*, les *quartz et quartzites*, les *calcaires très compacts*, *certaines roches sédimentaires*, lorsque leur stratification est horizontale ou peu inclinée, et, en général, toutes les roches non fisssurées ou fendillées, ce que j'appellerai les *roches adiaclasiques*.

IV

Reconnaissance des terrains par leur aspect physique.

Au point de vue de la recherche des eaux, les terrains sont de deux espèces seulement : *perméables* et *imperméables*.

Or, leur aspect physique permet de les classer assez facilement, à première vue, dans l'une ou l'autre catégorie.

1° Terrains imperméables.

Les roches granitiques s'accusent de loin par des sommets arrondis et de formes basses, dénudés et presque toujours stériles ; elles sont découpées par un grand nombre de petites vallées.

Les terres et sables provenant de leur désagrégation s'amoncellent aux pieds des versants et forment des sols légers très perméables ; ce sont des terres à seigle, avoine, sarrazin, millet, pommes de terre. On y trouve les arborescences spéciales dites *silicicoles* : *châtaignier*, *chêne-liège*, *pin maritime*, etc., et comme plantes de friches : le *genêt à balai*, l'*ajonc*, la *bruyère*, l'*arnica de montagne*, la *digitale pourprée*, le *myrtillier*, etc.

Si la couche perméable de recouvrement est mince, les eaux de pluie circulent difficilement et il se forme des tourbières et des marais.

Les trachytes présentent des sommets encore plus arrondis que les granites, en forme de cloches.

Les schistes anciens et cristallins, les quartzites affectent des formes plus aiguës avec des arêtes saillantes. Ils donnent des sables fins, analogues aux précédents, mais qui forment des sols généralement très siliceux et peu propres à la culture. Les roches, particulièrement, se dénoncent par leur stérilité.

Les porphyres présentent des formes aiguës, des lignes crénelées.

Les terrains argileux et marneux qui sont plus ou moins imperméables sont manifestés par des formes molles, des pentes douces et surtout par la présence fréquente d'eaux stagnantes : lacs, marais, étangs.

2° Terrains perméables.

Les roches calcaires, qui sont extrêmement répandues, sont faciles à reconnaître. D'abord, tout calcaire et quelle que soit sa couleur: blanche, grise, jaune, bleuâtre ou noire, donne invariablement une rayure blanche à la pointe du couteau.

Les roches se terminent par des crêtes plus ou moins alignées dans lesquelles on distingue des cassures et des surplombs.

Les versants affectent souvent la disposition en gradins, qui correspondent à des ruptures de strates en affleurement.

Les anfractuosités et les cavernes s'y rencontrent fréquemment.

Au contraire des terrains imperméables, les terrains calcaires sont creusés par de rares, mais profondes vallées, et les plateaux y sont importants.

Mais ces caractères perdent leur netteté quand les roches calcaires alternent avec des schistes, des argiles ou des sables; ces éléments modifient le relief général et, par superposition, adoucissent les crêtes et les versants.

Les essences dites *calcicoles* qui se plaisent de préférence dans les terrains calcaires sont: le *buis*, l'*olivier*, le *chêne ordinaire*, le *pin d'Alep*, etc.; et les plantes de friches sont: les *chardons*, les *muscaris*, la *gentiane*, l'*ellébore fétide*, le *pied d'alouette*, etc.

Les sols provenant de la désagrégation des calcaires sont riches en chaux et souvent aussi en acide phosphorique; aussi sont-ils très fertiles.

Les grès présentent des formes arrondies et, comme particularité, des parties saillantes en forme de colonnes ou de cônes isolés, analogues à ces pierres dites *mégalithiques* avec lesquelles on les confond quelquefois. Mais ces saillies, parfois de formes bizarres, ne sont pas dues au travail de l'homme comme les *cromlechs* et les *alignements de pierres;* elles sont le résultat de dégradations et de dénudations produites par les agents atmosphériques.

En résumé, la configuration du sol indique, à première vue, si celui-ci est perméable ou non. Si le terrain est plat, peu accidenté et montre peu de ruisseaux, c'est qu'il est perméable. Les eaux pluviales n'y séjournent pas, elles le traversent rapidement.

Si, au contraire, le sol est sillonné de vallons, de ravins et parsemé de nombreux cours d'eau, c'est qu'il est imperméable. Les eaux séjournent à la surface, forment des lacs et des étangs, puis s'écoulent en ravinant les versants.

Cette classification si simple des terrains, au point de vue de leurs caractères physiques, a une grande importance pour la recherche des eaux souterraines. En effet, dans le premier cas, les eaux d'infiltration se rencontreront à une faible profondeur, à la base de la couche perméable superficielle. Dans le second, au contraire, on ne pourra les atteindre qu'après avoir traversé toute la couche imperméable, au-dessous de laquelle on aura des chances de rencontrer un nouveau terrain imperméable, mais précédé d'un banc perméable imbibé par ses affleurements, ou par des cassures accidentelles de la couche imperméable de recouvrement et parcouru par une nappe aquifère.

On peut donc formuler, comme conséquence de tout ce qui précède, les règles suivantes :

1° *En un point quelconque du sol, on doit rencontrer des eaux souterraines si l'on creuse à une profondeur suffisante ;*

2° *Dans les régions où les ruisseaux et les eaux stagnantes sont rares, on trouve dans le sous-sol des sources nombreuses, abondantes et à peu de profondeur ;*

3° *Dans les régions sillonnées par de nombreux cours d'eau et couvertes d'étangs et de marais, les eaux souterraines sont rares et, en tout cas, ne peuvent être rencontrées qu'à une profondeur plus ou moins grande.*

Telles sont les premières lois de l'hydrologie souterraine qui résultent de la *configuration* physique du sol.

V

Régime des eaux souterraines et des sources.

On a toujours une tendance à se figurer que les eaux souterraines sont amoncelées dans des bassins ou réservoirs naturels dont le trop-plein s'écoule entre des berges en donnant naissance aux sources.

L'abbé Paramelle lui-même dit que les infiltrations se réunissent peu à peu « *pour former des cours d'eau souterrains dont le volume augmente à mesure qu'ils s'éloignent de leur lieu d'origine* » (1).

M. Daubrée a fait justice de ces erreurs : « Les sources (2),

(1) *L'Art de découvrir les sources.* Quatrième édition, p. 126. Paris, 1896.

(2) *Les eaux souterraines à l'époque actuelle, leur régime, leur température, leur composition, au point de vue du rôle que leur revient dans l'économie de l'écorce terrestre,* par A. Daubrée. Veuve Ch. Dunod, éditeur. Paris 1887, t. I, p. 18.

» dit-il, sont alimentées par des courants souterrains qui circu-
» lent dans les fissures et dans les interstices des roches, et qui
» reçoivent généralement le nom de nappes souterraines.

« Les noms de nappes d'eau et de niveaux d'eau ont donné
» souvent lieu à des erreurs. Il ne s'agit pas d'une véritable nappe
» d'eau qui serait interposée entre des roches solides, mais d'eau
» logée dans les interstices des roches solides, dont elle ne repré-
» sente qu'une faible portion du volume total.

« Dans le cas où une telle nappe d'eau imprègne des roches
» poreuses, telles que les sables ou les graviers, elle est en
» général continue. Il n'en est pas de même quand l'eau n'occupe
» que des fissures ou des cavités plus ou moins espacées. »

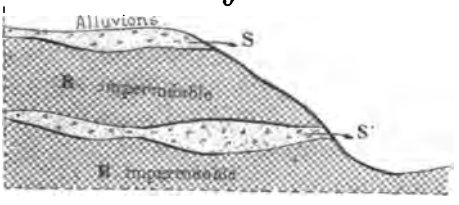
En effet, la pratique constante montre qu'en réalité les fleuves et ruisseaux souterrains, aussi bien que les bassins d'eaux stagnantes sont des exceptions, et, qu'en général, il existe une circulation liquide continue, sous forme de filets, veinules, suintements et écoulements capillaires à travers les sables et les roches perméables, qui forment ce que j'appellerai des *nappes aquifères*.

Les infiltrations pluviales pénètrent dans le terrain perméable qu'elles commencent par imbiber et saturer complètement ; puis, leurs apports continuant, il y a un excès d'eau qui s'écoule lentement au-dessus de la roche imperméable sous-jacente ; la descente est limitée en profondeur par cette surface impénétrable qui constitue un véritable *niveau de drainage*.

On conçoit qu'il puisse exister plusieurs niveaux de drainage, c'est-à-dire plusieurs nappes aquifères superposées et contenues entre des roches imperméables.

La nappe aquifère s'écoule donc dans le milieu perméable, retenue sur un lit imperméable ; et, lorsque ce dernier, pour une cause ou une autre, vient affleurer au sol, il y a échappement d'eau à l'extérieur et formation de source.

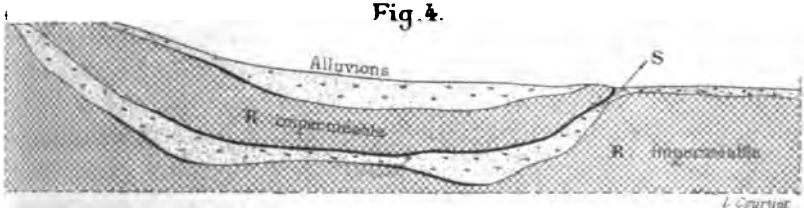
Fig. 3.



L'affleurement peut se produire sur un versant, dans une vallée d'érosion, par exemple, c'est le cas indiqué par la figure 3 où les sources se manifestent aux points S et S' ; ou encore dans une plaine ou un vallon où les eaux peuvent arriver à sourdre à l'extérieur par un effet de

syphonnement en S (*fig. 4*), analogue à celui qui détermine la formation des eaux artésiennes.

Fig. 4.



La vitesse de propagation des eaux souterraines est extrêmement variable; elle dépend, d'une part, de la nature du milieu perméable dans lequel se fait l'écoulement; d'autre part, de la disposition et des variations du niveau de drainage, et aussi de l'apport plus ou moins abondant des eaux pluviales.

1° Influence du milieu perméable.

Il est évident que plus les vides de remplissage des sables et graviers sont grands, plus rapide est la circulation. De même, plus les fissures des roches perméables sont développées, plus vite elles sont traversées par les filets liquides.

On peut se rendre compte, avec une certaine approximation, de la variation des vitesses, sous l'influence du milieu, en les comparant à celles que doivent prendre les eaux courantes pour imprimer un mouvement d'entraînement aux sables et pierres qui recouvrent leur lit.

Le tableau suivant indique les vitesses maxima qui permettent aux eaux de s'écouler sur un lit de matériaux divers avant que ceux-ci puissent commencer à se déplacer.

Nature des matériaux roulés.	Vitesse maxima par seconde.
Terre détrempée, boue, limon	0,075 *m*
— argileuse, sable très fin	0,15
Sable, jusqu'à 4 *mm*.	0,20
— ou petit gravier, jusqu'à 8 *mm* . . .	0,30
Gravier, jusqu'à 25 *mm*	0,60
Cailloux, de 2 à 6 *cm*	0,90
Roches fragmentaires	1,20
— schisteuses tendres	1,40
— feuilletées à tranches dénudées . .	1,80
— dures.	3,00

Si ces vitesses sont dépassées, les matériaux sont déplacés.

Les chiffres qui précèdent ont été calculés au moyen de la formule :

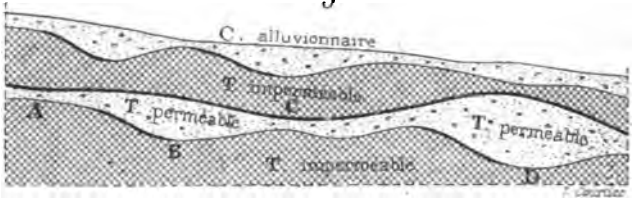
$$v = \sqrt{\frac{40}{3}}\, l$$

établie par le professeur Uzielli (1), de Turin, pour déterminer la vitesse d'un torrent d'après le plus grand diamètre l des matériaux entraînés sous forme de disques ou corps discoïdes.

2° Influence des dénivellations du plan de drainage.

Le niveau de drainage n'est jamais régulier; il est accidenté par des pentes, des dépressions, des reliefs qui constituent parfois de véritables barrages et interrompent la régularité de l'écoulement. Mais, tant que les apports sont continus, le mouvement se poursuit; si la couche s'épanouit, la nappe se développe également en remplissant tous les vides. Il n'y a pas stagnation

Fig. 5.



dans les bas-fonds, en B et D, par exemple *(fig. 5)*, car les échanges d'eau sont continuels et se succèdent les uns aux autres, d'amont en aval, c'est-à-dire dans le sens du pendage des terrains.

Si le banc ABCD est une couche de sable ou de gravier contenue entre deux surfaces imperméables, l'imbibition d'eau est la même partout, et les filets liquides s'écoulent en toute la section avec la même vitesse. Un accroissement de vitesse en un point quelconque supposerait un déplacement du sable, une modification de l'équilibre général, ce qui ne se produit qu'accidentellement.

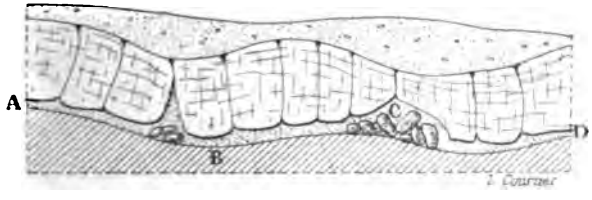
En ce qui concerne la couche alluvionnaire ou détritique for-

(1) *Note sur une formule permettant de calculer la vitesse d'un torrent par la grosseur des matériaux entraînés*, par M. Charlon, *Génie Civil*, t. XVII, p. 170.

mant le sol proprement dit, il est évident que la circulation est différente, en raison des influences atmosphériques qui s'exercent directement à sa partie supérieure. Dans ce cas, la nappe aquifère de saturation est limitée à une certaine épaisseur, variable avec l'état d'évaporation et la chaleur extérieure; elle est alors assimilable à un cours d'eau qui s'écoulerait sur le terrain imperméable formant son lit, ou plus exactement sa limite inférieure dont elle suit les déclivités. On comprend que, dans ces couches perméables superficielles, les puits doivent donner d'autant plus d'eau qu'ils sont plus profonds et plus rapprochés du terrain imperméable.

Si la couche perméable est une roche fendillée, le plan de drainage joue un rôle plus important, car il limite en profondeur l'action destructive des eaux et leur fournit une base d'écoulement peu ou pas altérable. Ces eaux, en effet, traversent les diaclases et autres fissures; peu à peu, elles usent les parois de passage et, par effet chimique aussi bien que par effet mécanique, elles élargissent les fentes, disloquent la roche, et provo-

Fig. 6.

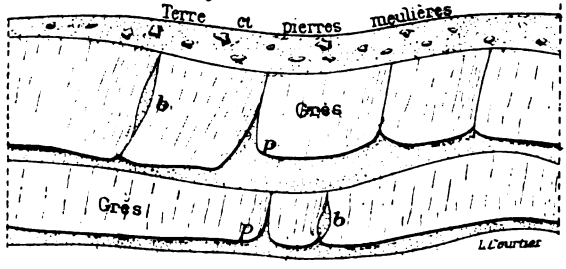


quent des ruptures et des chutes de blocs *(fig. 6)* entre lesquels s'insinue le liquide dont l'action destructive augmente ainsi de plus en plus. Peu à peu la roche se désagrège, et le sable formé aussi bien que les terres filtrées de la surface finissent par remplir tous les vides, de sorte qu'au bout d'un certain temps, la nappe aquifère devient assimilable à une nappe circulant à travers les vides d'un banc de sable ABCD *(fig. 6)*, comme dans le cas cité plus haut.

Cet effet remarquable est facile à observer, dans le grès par exemple. Ainsi, l'abatage des blocs de grès fin et blanc, à la carrière des Maréchaux, dans la vallée de Chevreuse, blocs dont on débite des pavés pour les rues de Paris, découvre des couches de sables aquifères AB *(fig. 7)* interposés entre deux bancs de roche et remplissant les fentes et les diaclases élargies. On ob-

serve aussi des poches également remplies de sable *pp* et reliées aux diaclases qui affectent une direction croisée perpendiculaire aux plans de stratification. Quelquefois même la poche est isolée

Fig. 7.
Bancs de grès (Vallée de Chevreuse)



au milieu du grès, comme on le voit en *b*,*b*, dans la figure 7. C'est par ces cavités et ces bancs sablonneux que les eaux pluviales peuvent descendre jusqu'au sous-sol imperméable, au niveau de drainage.

Si les roches fissurées sont des gypses ou des sels gemmes, l'eau qui s'infiltre dans leurs diaclases produit, par dissolution, des cavités qu'elle remplit, formant ainsi des réservoirs accidentels qui déversent leur liquide par des fissures de fond jusqu'au plan de drainage.

En résumé, les eaux souterraines circulent généralement sous forme de suintements et de filets qui se succèdent les uns aux autres en remplissant les vides des couches perméables et en suivant les sinuosités du plan de drainage. Quand, sur leur passage, elles rencontrent des dépressions ou des épanouissements de la roche perméable, elles les traversent sans y séjourner; de sorte que si les apports d'eaux pluviales sont continus, la couche aquifère circule en se renouvelant sans cesse, et les sources auxquelles elle peut donner naissance ont un débit qui varie en même temps que ces apports.

Dans les roches fendillées, les eaux, par des effets chimiques et mécaniques, s'ouvrent peu à peu passage dans les diaclases qu'elles élargissent en formant de véritables puits. Elles peuvent même, par érosion et dissolution, déterminer dans les roches des cavités de formes irrégulières où elles déposent des matières minérales entraînées : telle est l'origine de quelques gisements de fer et de manganèse.

Accidentellement, enfin, les nappes aquifères peuvent être re-

coupées ou interrompues par des bassins ou réservoirs naturels d'eau, en communication avec l'atmosphère, quoique souvent à des profondeurs de plus de 300 *m*.

De même, il peut se faire que l'un de ces bassins trouve à se déverser extérieurement en aval, et alors la nappe souterraine se continue, à la surface du sol, par un ruisseau ou une rivière qu'elle alimente.

Mais ces réservoirs, qui constituent, en somme, de véritables puits naturels, ne sont qu'un accident dans l'histoire de l'hydrologie souterraine.

L'étude de ces bassins et, en général, des cavernes et cavités naturelles du sol, ou la *spéléologie*, a été traitée d'une manière remarquable par M. E.-A. Martel qui, à la suite d'excursions souvent périlleuses, est arrivé à reconnaître un certain nombre de fleuves et lacs souterrains, en France, en Autriche et en Grande-Bretagne. Dans un important mémoire, publié récemment (1), M. Martel a recherché l'origine et le rôle des cavités naturelles et leurs rapports avec les émissions filoniennes. Il admet, en principe, que les abimes ou cavités naturelles, percés à pic dans la terre, ont été formés de haut en bas par une action chimique et mécanique des eaux engouffrées dans de grandes diaclases verticales (2).

Cette hypothèse paraît juste, car, au point de vue de leur action sur les roches, les eaux *descendantes* sont généralement *actives*, tandis que les eaux *ascendantes* sont plutôt *passives*. Il est rare, en effet, que les eaux de surface, après avoir pénétré dans le sol, y effectuent des dépôts de remplissage; leur action consiste surtout à attaquer les roches, à les désagréger, et à leur emprunter des éléments variés qu'elles dissolvent grâce à leurs propriétés oxydantes, acides ou basiques.

Les eaux *ascendantes*, au contraire, sont plutôt *passives*, en ce sens que, se trouvant plus ou moins saturées de matières minérales, à une haute température et sous une pression élevée, mais qui diminue au fur et à mesure qu'elles montent, elles ont une tendance constante à abandonner ces matières, soit qu'elles les déposent dans des fentes ou cavités, soit qu'elles les échangent par voie de substitution chimique avec les matériaux mêmes des roches.

(1) *Applications géologiques de la spéléologie*, par E.-A. Martel. *Annales des Mines*, 7e livraison de 1896.

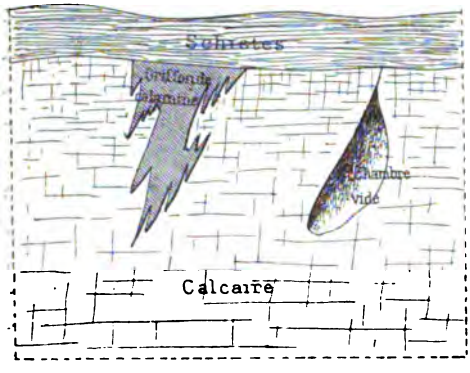
(2) *Op. cit.*, p. 36.

En un mot, les eaux descendantes ouvrent ou élargissent des cavités que les eaux ascendantes remplissent; les exemples que l'on peut citer contraires à cette assertion ne sont que des exceptions.

Toutefois, il est certaines de ces cavités qui doivent leur origine à toute autre cause, et probablement à des inclusions gazeuses engendrées pendant la période de sédimentation. L'expérience est facile à reproduire. Si, dans un vase en verre plein de sable fin, on ajoute de l'eau, l'air qui remplissait les vides est peu à peu chassé et remplacé par le liquide; mais il arrive aussi que des bulles gazeuses se rejoignent et forment de petites chambres qui se maintiennent au milieu du sédiment.

Dans des travaux de recherches effectués, en 1892, aux mines de Sunium (Grèce), on rencontrait de grandes cavités absolument isolées dans le terrain calcaire et sans aucune relation avec les griffons de calamine développés au contact du calcaire et des schistes *(fig. 8)*. Ces chambres, souvent de plus de 100 m^3 de capacité, n'ont certainement pas d'autre origine qu'une inclusion gazeuse.

Fig. 8.
Calcaire minéralisé du Sunium (Grèce)



J'ajoute encore pour terminer, qu'il existe, d'après M. Martel, des cavernes qui sont quelquefois de véritables gouffres ou *abîmes* dans lesquels disparaissent des rivières superficielles pour reparaître plus loin à des distances plus ou moins grandes.

Mais, je le répète, ces cas particuliers sont des phénomènes dans l'allure générales des eaux souterraines, au même titre d'ailleurs que les *glacières naturelles*, cavernes remplies de glaces dont on ne s'explique pas bien le mode de formation et qu'on rencontre toujours dans les terrains fissurés, principalement dans les calcaires. Ces glacières aboutissent à la surface du sol par un évent, puits ou galerie; elles présentent parfois des dimensions colossales, témoin celle de *Dobsina*, à 1 100 *m* d'altitude, dans les Carpathes.

La glace, à Dobsina, occupe une surface de 4 644 m^2 (1) et son épaisseur varie de 35 à 60 m. Le plafond de la caverne est à 11 m au-dessus de la glacière, mais il est relié à celle-ci par des piliers et des stalactites de glace ; la température maxima est de + 4° C. en août, et la température minima de — 4° C. au mois de janvier.

VI

Recherches des sources.

Les lois générales de l'hydrologie souterraine que j'ai citées plus haut, nous apprennent qu'en forant un puits en un point quelconque du sol, il y a toute probabilité qu'on rencontrera de l'eau, pourvu que le forage soit conduit à la profondeur voulue.

En réalité, le problème est loin d'être aussi simple, car il ne s'agit pas seulement de trouver de l'eau, il faut encore que celle-ci soit abondante et se manifeste à une faible distance du sol.

C'est ce que l'on peut traduire de la manière suivante :

Trouver une eau convenable et abondante, à peu de frais, et à proximité de l'exploitation ou de l'usine qui doit en faire usage.

Au point de vue topographique, trois cas peuvent se présenter :

1° L'exploitation est établie sur un plateau,
2° — — sur un versant,
3° — — dans une vallée.

Le régime des eaux souterraines présentant toujours une certaine corrélation avec celui des cours d'eaux, leur recherche doit porter non seulement sur l'examen des reliefs et de la constitution géologique du sol, mais encore sur l'allure et la direction des eaux courantes, car celles-ci donneront souvent d'utiles indications.

Ainsi, nous savons déjà que dans les contrées à sol calcaire, crayeux et en général perméable, les ruisseaux ne sont pas fréquents ; on y trouve de vastes plateaux et des vallées profondes, mais rares. Or, c'est dans ces régions que les nappes souterraines sont nombreuses et abondantes.

Au contraire, dans les terrains imperméables tels que les roches granitiques, où les cours d'eau sont nombreux, les plateaux peu

(1) *Ice Caves and the causes of subterranean ice*, by Edwin Swift Balch. (*Journal of the Franklin Institute*, March 1897, p. 165).

importants et les vallées fréquentes, mais petites, les eaux souterraines sont plus rares, et il faudra les chercher à une plus grande profondeur.

Examinons maintenant les règles qui doivent guider les recherches dans les trois situations topographiques que je viens de signaler.

1° Recherches sur un plateau.

Les eaux météoriques qui tombent sur un plateau s'écoulent selon deux directions opposées, de part et d'autre de la ligne de faite. Si celle-ci partage le plateau en deux parties à peu près égales, les eaux circulent par moitié de chaque côté; dans ce cas on trouvera d'autant plus d'eau que le puits sera plus éloigné de la ligne de partage, mais par contre sa profondeur sera d'autant moindre qu'il en sera plus rapproché. La figure 9 montre le cas aux points A et B.

Si au contraire, elle se trouve vers l'une des extrémités du plateau, l'un des versants présente une grande déclivité, tandis que l'autre côté est en pente douce et constitue, en somme, tout le plateau, lequel se termine par une sorte de crête ou d'arête vive. Dans ce cas, la totalité des eaux s'écoule le long de la pente douce, et le puits à creuser devra être placé aussi loin que possible de la ligne de faîte.

Un plateau de quelque importance présente fréquemment des accidents de terrain produits, soit par des érosions, soit par des affaissements. On y observera, par exemple, des dépressions *anticlinales* vers le sommet *(fig. 9)*, ou *monoclinales* sur les versants. Une dépression anticlinale correspond au point le plus élevé du plateau, c'est-à-dire à la ligne de partage des eaux; il n'y aura donc aucun intérêt à y creuser un puits.

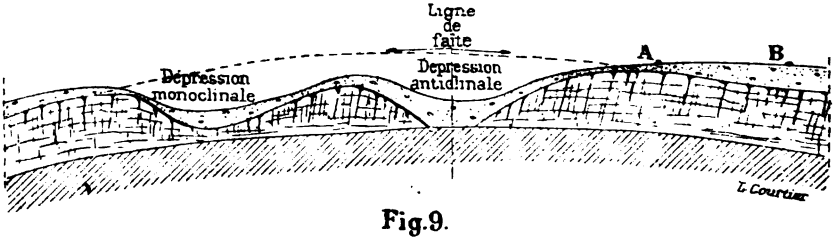


Fig.9.

On recherchera de préférence une dépression monoclinale, car

c'est en un point de ce genre qu'on aura le moins à forer pour atteindre la nappe aquifère.

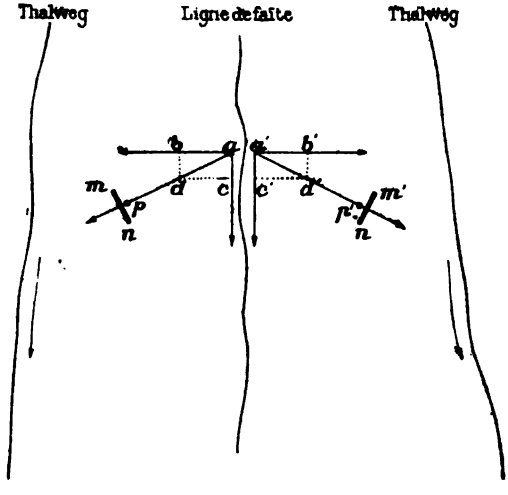
Si la dépression, au lieu de former cuvette, s'allonge en pli ou vallonnement, les eaux tendront à se réunir le long du *thalweg*, ou ligne de rencontre des deux côtés prolongés du pli.

Enfin s'il existe plusieurs plis qui se recoupent, leur point de rencontre correspondra au centre de passage des eaux souterraines.

Lors donc qu'on aura à faire des recherches sur un plateau, on s'éloignera le plus possible de la ligne de faîte, si l'on a surtout en vue de trouver beaucoup d'eau; on s'en rapprochera au contraire si l'on ne veut pas faire de grands frais et que l'on puisse se contenter d'une quantité d'eau limitée. Dans l'un et l'autre cas, on profitera, pour creuser le puits, d'une dépression du sol, d'un vallonnement, d'une intersection de deux plis, ou de tout autre accident de terrain analogue. Si la question économique prédomine, on se placera dans la dépression du côté de l'amont; on se mettra au contraire un peu en aval si l'on tient, avant tout, à trouver plus d'eau.

Et comme les eaux qui s'infiltrent sur un plateau imperméable sont exclusivement des eaux météoriques, leur abondance sera d'autant plus grande que la surface de celui-ci sera plus importante. On trouvera donc beaucoup d'eau sur les grands plateaux, et peu sur les petits.

Fig. 9bis



Enfin, si la ligne de faîte partage le plateau en deux superficies à peu près égales, les chances de rencontrer l'eau en plus ou moins grande quantité seront les mêmes de part et d'autre de cette ligne. Mais comme celle-ci a toujours une pente générale de même sens que celle des thalwegs des vallées latérales, il y aura intérêt, quel que soit le côté où l'on se trouve, à se rapprocher autant que possible des points les plus bas, suivant la pente. Et en

effet, les eaux qui tombent sur un semblable plateau sont sollicitées suivant deux directions *ab* et *ac*, *(fig. 9 bis)*, l'une perpendiculaire, l'autre parallèle à la ligne de faîte. Elles tendent donc à s'écouler suivant la direction correspondante *ad*. De sorte que si l'on voulait retenir les eaux dans une tranchée pour les capter ensuite au moyen d'un puits, la tranchée devrait avoir une position et une direction telles que *mn*, et le puits devrait être placé en *p*.

Les conditions étant les mêmes de chaque côté de la ligne de faîte, la tranchée à pratiquer sur le revers opposé serait placée d'une manière analogue, en *m' n'*, par exemple *(fig. 9 bis)*.

2° Recherches sur les versants.

Les eaux qui s'infiltrent sur les plateaux et les sommets des collines et des montagnes s'écoulent sur les versants, et, comme ceux-ci reçoivent eux-mêmes des eaux météoriques, il en résulte qu'il circule toujours plus d'eau sur les versants que sur les plateaux.

Comme nous l'avons vu, à un versant à pente rapide correspond de l'autre côté de la ligne de faîte un versant à pente douce sur lequel chemine lentement la majeure partie des eaux tombées sur le plateau ; celles-ci, d'ailleurs, rencontrent toutes facilités pour imbiber et pénétrer le sol jusqu'à la couche imperméable.

Sur le versant à pente raide, au contraire, les eaux, moins abondantes, ruissellent rapidement vers le fond de la vallée ; d'autre part, les eaux pluviales qu'il reçoit descendent trop vite pour avoir le temps de pénétrer profondément dans le sol. De sorte qu'un puits creusé sur un versant à grande pente ne peut rencontrer que des nappes minces, éparpillées et de faible débit.

La recherche des eaux sur les versants se fera comme dans le cas précédent. On choisira de préférence les origines d'un ravin, d'une dépression, d'un pli quelconque ; et, suivant les conditions du programme à réaliser, on fixera l'emplacement du puits, soit en amont, soit en aval.

Un pli qui recoupe le versant perpendiculairement ou obliquement à la ligne de plus grande pente, constitue une véritable tranchée de drainage au fond de laquelle on trouvera facilement à capter les eaux.

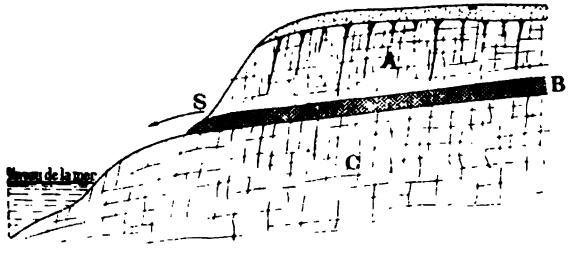
Si le pli est dirigé suivant la pente, c'est vers son point d'ori-

gine que l'eau passera le plus près de la surface ; mais c'est vers sa partie la plus basse que les eaux seront le plus abondantes.

Si le pli forme un ravin qui descend jusqu'à la vallée, c'est au point bas qu'il faudra chercher l'eau, si même celle-ci n'y point naturellement sous forme d'une source pérenne ou accidentelle. En tout cas, il est probable qu'à l'époque des grandes pluies, une semblable position se décèlera par un écoulement important, car c'est vers elle que tend à se réunir une grande partie des eaux d'infiltration descendant du versant dans la vallée.

Si les couches de terrain, au lieu d'être inclinées dans le sens du versant, affleurent au contraire en le recoupant, il y aura toujours des suintements et même des sources toutes les fois qu'une couche imperméable se montrera en affleurement. Ainsi, supposons le cas d'une falaise découpée, comme le montre la figure 10.

Fig. 10.
Falaise sur les côtes de la Manche



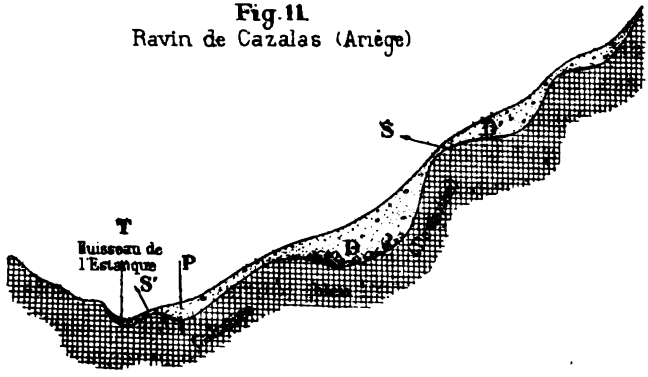
La partie supérieure A est un banc de craie fendillée reposant sur une couche imperméable B, de marne argileuse. En suivant la ligne d'affleurement sur la côte, on trouvera certainement des écoulements d'eau S. Cette ligne se signale, d'ailleurs, à l'œil de l'observateur par une végétation spéciale qui tranche par son abondance et sa fraîcheur.

Il est rare qu'un versant ne présente pas quelqu'un des accidents que je viens de signaler. Mais il arrive aussi que sa superficie est comblée par des terres ou sables détritiques qui masquent l'allure véritable du sous-sol rocheux et donnent l'apparence d'une pente régulière et uniforme *(fig. 11)*.

Il faut alors, par l'observation et quelques découvertes à la pioche, s'efforcer de reconstituer le sous-sol réel. On trouvera, par exemple *(fig. 11)*, qu'à l'époque des pluies, une source point en S, et encore que, pendant les sécheresses, il s'en manifeste

d'autres en S', près du thalweg de la vallée et au-dessous du niveau des crues du torrent qui coule dans le vallon.

Fig. 11.
Ravin de Cazalas (Ariège)



Ces observations permettront de conclure que, sur la couche détritique qui le recouvre, le sous-sol imperméable présente des dépressions en D, D', etc., et une configuration analogue à celle qu'indique la figure 11. On saura alors que c'est en un point tel que P qu'il y aura avantage à chercher l'eau.

3° Recherches dans les vallées et les plaines.

Les eaux des plateaux et des versants descendent dans les vallées, tout au moins dans celles que l'on désigne sous le nom de *synclinales* et *monoclinales*, et leur contingent s'augmente encore des infiltrations météoriques qui les pénètrent directement.

Mais, d'un autre côté, c'est dans les vallées qu'il faudra creuser les puits les plus profonds, car le terrain y est toujours recouvert de terres et sables détritiques amoncelés souvent sur une grande épaisseur.

Toutefois, et avant de faire une recherche ou une fouille quelconque, il importe de procéder à l'examen stratigraphique des terrains.

Supposons d'abord que la direction de la vallée soit de même sens que celle des strates. Il faut alors reconnaître si elle est *synclinale*, *monoclinale* ou *anticlinale*.

Dans une vallée *synclinale*, les strates des versants plongent de chaque côté, et la vallée constitue une sorte de cuvette ou de pli vers lequel convergent les nappes aquifères des deux versants ; il y a donc d'importants apports.

Si la vallée est *monoclinale*, les strates plongent d'un seul côté, et les apports d'eau y sont moins abondants, puisqu'un seul des

versants y dirige ses nappes aquifères. On retombe alors dans le cas d'un versant, et on y fera les mêmes recherches que s'il s'agissait d'un versant.

Enfin, si la vallée est *anticlinale*, elle est assimilable à un plateau avec ligne de faîte, ou plutôt de partage ; et, comme une semblable vallée ne peut recevoir aucun apport de l'un ou l'autre de ses flancs dont les strates plongent en sens inverse, on n'y trouvera d'eaux que celles qui résultent d'une infiltration directe sur sa superficie.

Les recherches d'eau dans une vallée anticlinale se feront comme sur un plateau, en suivant les règles précédemment signalées.

Enfin, si la direction de la vallée est normale à celle des strates, les nappes aquifères ne s'y dirigent que par un seul côté et les traversent sans s'y arrêter. C'est le cas d'un versant.

Je ne considérerai donc que la vallée synclinale dans laquelle les nappes aquifères des deux versants s'écoulent au-dessus du thalweg souterrain ; toutes les autres, monoclinales et anticlinales, rentrent, au point de vue des recherches d'eaux, dans la catégorie des versants ou des plateaux.

Après s'être réunies au-dessus du thalweg, les eaux ne suivent pas nécessairement cette ligne ; et, en effet, leur écoulement ne pouvant s'effectuer qu'autant qu'elles sont contenues entre des berges imperméables, il est bien évident que si celles-ci font défaut, il y aura fuite des liquides à droite ou à gauche du thalweg, partout, enfin, où ils pourront se frayer un passage.

Il faut observer encore que le thalweg souterrain ne concorde généralement pas avec le thalweg de la vallée qui est à la fois la ligne d'écoulement des eaux de surface et la ligne de moindre pente.

La vallée est, en effet, constituée par des remplissages détritiques et par des apports incessants. Elle peut même, ce qui est d'ailleurs fréquent, subir des remaniements par le fait du travail des hommes, du déplacement des cours d'eau et du passage des crues.

La ligne d'écoulement des eaux souterraines ne correspond donc pas toujours au thalweg de la vallée. Elle est déterminée par la rencontre des deux versants. Si, par exemple, l'un des versants se rapproche de la verticale, et que l'autre, au contraire soit en pente douce, le thalweg souterrain se projetera tout près de la ligne de fin de pente du versant raide, tandis que le

thalweg de la vallée occupera une position intermédiaire entre les deux lignes de fin de pente *(fig. 12 et 13)*.

Fig.12.

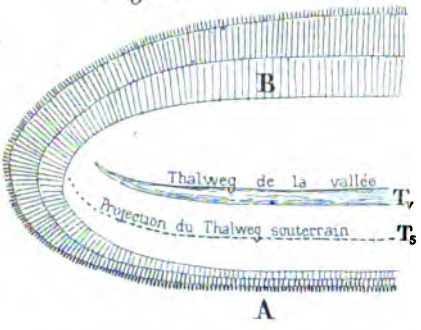
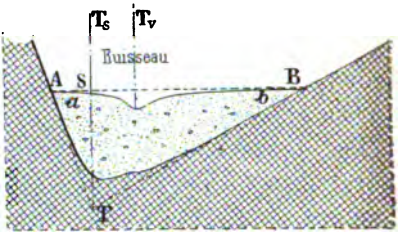


Fig.13.
Coupe AB



La projection S, d'un point quelconque de la ligne de passage des eaux souterraines, est facile à déterminer. Il suffit de connaître la ligne AB et les angles a et b. On a, en effet *(fig. 13)* :

$$BS = ST \cot g\, b$$

$$AS = ST \cot g\, a$$

d'où l'on tire :

$$\frac{BS}{AS} = \frac{\cot g\, b}{\cot g\, a}$$

on a d'ailleurs :

$$AS + BS = AB$$

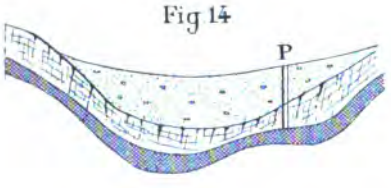
Les mêmes formules font connaître ST, c'est-à-dire la distance du thalweg souterrain au sol de la vallée.

On voit immédiatement que si $a = 90^o$, on a $AS = 0$.

Si $a = b$, il en résulte $AS = SB$.

Pour atteindre la nappe aquifère, il faudra traverser toute la couche détritique de la vallée. Mais il peut arriver que le banc rocheux qu'elle recouvre soit lui-même perméable *(fig. 14)*. Dans ce cas, il sera nécessaire de forer le puits P jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable.

Fig 14

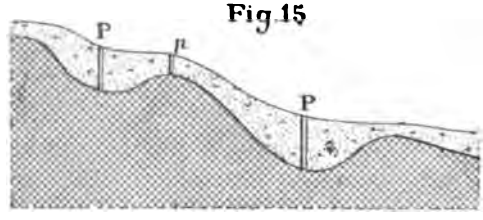


Notons enfin que le thalweg souterrain est rarement rectiligne ; il affecte souvent des formes sinueuses qui déterminent des hauts

et des bas, de sorte que la nappe aquifère passe alternativement dans des réservoirs et sur des déversoirs.

Au point de vue des dépenses à faire, cette considération a une grande importance. Ainsi, un puits creusé au-dessus d'une dépression donnera beaucoup d'eau ; il pourra n'en donner que fort peu, au contraire, s'il se trouve en face d'un seuil. Et ce fait explique comment il arrive que deux puits, P et *p*, placés à peu de distance l'un de l'autre, dans la même vallée *(fig. 15)*, peuvent donner des débits extrêmement différents. La reconnaissance géologique des terrains formant les versants, aide efficacement à surmonter toutes ces difficultés.

Fig 15



En effet, si les flancs de la vallée sont imperméables, les eaux météoriques ou d'infiltration des plateaux supérieurs dévalent à la surface. Elles creusent des ravins, tout le long et de chaque côté de la vallée, et celle-ci est traversée par un cours d'eau dans lequel viennent se réunir tous les ruisselets des ravins et vallonnets.

Si, au contraire, les flancs sont perméables, les eaux s'infiltrent jusqu'à ce qu'elles rencontrent un terrain imperméable, et s'écoulent en une nappe unique dans la vallée. Cette nappe sera superficielle si le fond de la vallée est imperméable, et souterraine s'il est perméable. Dans ce dernier cas, on déterminera sa profondeur en recherchant, au moyen d'une petite tranchée, la couche plongeante imperméable des versants.

La recherche des points les plus convenables pour creuser un puits dans une vallée repose sur les mêmes considérations que j'ai indiquées dans les deux cas précédents. Ces points se trouveront à l'origine du thalweg et dans les dépressions.

a) *A l'origine du thalweg.* — Le thalweg peut commencer à un ravin aigu découpé par l'intersection de deux versants très raides, ou à un ravin arrondi en forme de cirque ; c'est à l'endroit où le ravin se soude à la vallée et au centre du cirque qu'on recherchera l'eau. On creusera donc un puits en choisissant, à proximité, un point convenable.

Il peut se faire que la région soit constituée par une vallée

principale recoupée par des vallées secondaires ; dans ce cas, l'intersection des thalwegs est un point de recherche tout indiqué.

b) *Dans les dépressions.* — Si le terrain imperméable qui retient les eaux souterraines est accidenté et forme une série de barrages naturels, on trouvera l'eau en amont d'un barrage si celui-ci n'est pas fendillé et, par conséquent, perméable, mais à coup sûr, et avec la plus entière certitude, à la base d'un déversoir.

Néanmoins, et dans tous les cas, il faudra, avant de commencer un travail, s'assurer que la profondeur à laquelle se trouve le premier plan de drainage n'est pas trop considérable.

Lorsque la vallée est parcourue par un ruisseau de surface, celui-ci reçoit souterrainement les eaux d'infiltration des versants ; ce sont autant de sources dont la présence n'est bien décelée qu'au moment des basses eaux. Lorsqu'on a reconnu ces sources, rien n'est plus simple que de déterminer à quelle profondeur elles coulent dans les versants ou les vallées, et de creuser un puits pour les utiliser en tout temps.

Si la berge du cours d'eau est en pente raide, on trouvera naturellement l'eau, dans le puits, au-dessus du niveau d'écoulement du ruisseau. Mais les deux niveaux ne sont pas forcément en corrélation l'un avec l'autre ; et il peut arriver que l'un baisse tandis que l'autre monte, ou que le mouvement ascensionnel ou descensionnel de l'un soit bien plus accentué que l'autre. L'explication en est simple.

Observons d'abord que, si des pluies locales provoquent une crue, elles produiront également un relèvement de niveau dans les puits riverains. Mais la crue elle-même peut agir directement sur une source affluente et provoquer, suivant la direction d'écoulement de celle-ci, soit un refoulement, soit une succion. Dans le premier cas, le niveau des puits montera ; il baissera dans le second cas.

D'autre part, la crue peut être occasionnée, non par des pluies locales, mais par un apport d'affluent en grande crue ou encore par des pluies tombées abondamment en amont ; dans ce cas, le courant, en refoulant la source, fait obstacle à son écoulement, et l'eau des puits riverains s'élève.

L'effet inverse peut se produire, et on l'observe bien nettement dans la Crau. Cette vaste plaine, qui borde la rive gauche du Rhône, est constituée par un banc de conglomérats imperméables, de 2,50 *m* environ, recouvrant une couche de sables et galets de

20 à 30 *m* d'épaisseur. L'eau qui imbibe les sables remonte parfois en étangs jusqu'à la surface du sol, en traversant des crevasses ou affaissements qui se sont produits dans le conglomérat. Or, le niveau de ces étangs s'abaisse d'une manière sensible pendant les grandes crues du Rhône; et ce fait s'explique par la force considérable d'aspiration ou de succion du courant qui attire à lui les eaux de la Crau jusqu'à une grande distance de ses rives.

J'ai pu constater le phénomène à la dynamiterie de Saint-Martin-de-Crau, située à 8 *km* du Rhône. Pendant la grande crue du mois de novembre 1896, le niveau de l'eau d'un de ces étangs, en communication avec la nappe aquifère sous-jacente, a baissé de 3 à 4 *cm*.

En résumé, les points où il faut rechercher les eaux souterraines sur les plateaux, sur les versants et dans les vallées sont :

Les centres de dépressions naturelles du sol,
Les origines de plis, ravins ou thalwegs;
Les intersections de plis de terrains ou de thalwegs.

On placera le puits en *amont*, si l'on tient surtout à faire un travail économique, et *en aval*, si le but principal est de trouver beaucoup d'eau.

Recherches basées sur la considération des signes extérieurs.

Toutefois, ces indications ne sont pas toujours suffisantes, et il est des cas où elles peuvent conduire à des recherches pénibles et surtout très profondes; d'ailleurs, elles peuvent faire complètement défaut, particulièrement dans les plaines ou les larges vallées. Il importe donc de les compléter et de leur donner un peu plus de précision; et ce résultat s'obtient par l'observation des indices extérieurs.

L'abbé Paramelle, qui a indiqué quelques-unes des règles que je viens d'examiner, ne tenait aucun compte des signes extérieurs. C'est, à coup sûr, un très grand tort; et l'ingénieur qui cherche l'endroit le plus propice pour établir économiquement un puits aussi peu profond que possible, ne peut pas les négliger et doit observer avec soin les indices qui témoignent d'une circulation souterraine rapprochée du sol.

Ces indices, d'ailleurs, guidaient les anciens fontainiers. En y joignant les connaissances géologiques et topographiques qu'ils

n'avaient pas, un ingénieur arrivera sûrement à résoudre le problème de la recherche et de la captation des eaux souterraines.

Signalons d'abord ceux qui résultent de la végétation.

Dans les endroits où l'eau est proche du sol, on trouve des saules, des aulnes, des joncs, des roseaux, des mousses fraîches, et certaines plantes aquatiques comme l'*abad*, dont les feuilles rondes ressemblent un peu à celles du cresson, la *menthe* (Mentha aquatica), la *cartamine des prés*, *certaines renoncules* (Ranunculus acris, R. lingua, R. flammula), la *colchique d'automne*, le *carex riparia*, la *scrofulaire* (Scrofularia aquatica), etc.

On observe d'ailleurs en ces points une abondance toute particulière de végétation, ou bien encore celle-ci est plus florissante et moins prompte à se faner.

D'autres indices sont également caractéristiques.

Ainsi, la neige fond plus vite aux endroits où les eaux souterraines sont très rapprochées; ce qui s'explique par le fait que l'humidité du sol est constamment entretenue et renouvelée par la circulation des eaux.

Cette humidité persistante donne d'ailleurs naissance à une évaporation qui se manifeste visiblement le matin et le soir par une localisation de vapeurs au ras du sol, et en temps de pluie par une stagnation d'eau.

Enfin, la fraîcheur qui en résulte attire les insectes, et on voit fréquemment en ces endroits des nuées de moucherons qui voltigent en se maintenant à peu de distance de terre.

Plusieurs de ces indices caractéristiques s'observent également dans les tourbières, les marécages et les prairies dont le sol est peu perméable; mais alors ils sont dus simplement à la stagnation superficielle des eaux pluviales. Ces eaux d'imbibition peuvent d'ailleurs être recueillies par un drainage qui provoque leur écoulement dans des rigoles profondes, ouvertes ou souterraines.

Le drainage d'une tourbière a pour objet l'exploitation de la tourbe et un commencement de dessiccation. Le drainage d'un marécage assainit la région, et enfin le drainage d'une terre argileuse peu perméable permet de l'utiliser avec profit pour la culture. Les eaux recueillies dans les drains peuvent être canalisées et employées à divers usages.

VII

Captage des sources.

Il résulte de tout ce qui précède que la recherche des sources correspond à la reconnaissance des couches imperméables du sous-sol, puisque, en thèse générale, toute surface imperméable sert de lit d'écoulement ou de descente à une nappe aquifère; et, en effet, la pratique constante et particulièrement le forage des puits artésiens à grande profondeur établit que, sur toutes les couches imperméables successivement rencontrées, circulent des eaux dont l'abondance est d'autant plus grande qu'elles sont plus profondes.

Lorsque le sol superficiel est lui-même imperméable, il faudra, pour atteindre les eaux souterraines, pénétrer jusqu'à une nouvelle couche imperméable sous-jacente.

La reconnaissance de la région ayant été effectuée par les divers moyens que j'ai indiqués : examen physique des terrains, étude géologique des roches, particulièrement sur les versants où l'on peut trouver des affleurements, recherche de sources existant déjà dans le voisinage, etc., on saura approximativement sur quelle couche il y aura lieu de faire des recherches, et à quelle profondeur on aura des chances de rencontrer l'eau.

Si le sol est perméable et constitué par un terrain meuble qui repose immédiatement sur une surface imperméable, on creusera jusqu'à cette surface. Mais s'il repose sur des roches fendillées, il faudra les traverser. Dans le premier cas, on trouvera peu ou point d'eau pendant la saison sèche; dans le second cas, on en trouvera plus abondamment et en toutes saisons.

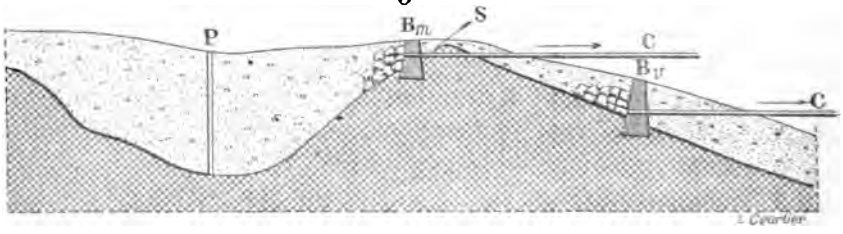
Mais, dans l'un et l'autre cas, si l'on veut installer un puits, il faudra toujours le creuser jusqu'à la roche imperméable et même pénétrer celle-ci d'un ou plusieurs mètres pour y emmagasiner l'eau. On comprend, en effet, qu'en limitant la profondeur du puits à la couche perméable, on s'exposerait à ne plus avoir d'eau pendant les époques de sécheresse; tandis qu'en le prolongeant dans la roche compacte, on constitue un réservoir capable d'assurer l'alimentation et la fraîcheur des eaux en tout temps.

L'épaisseur des couches perméables à traverser a une grande influence quant au procédé à employer pour capter les sources. Si elle est faible, on creusera un puits ordinaire; si elle est grande,

plusieurs systèmes peuvent être préconisés. Le plus simple, applicable lorsqu'il existe quelque saillie de la couche imperméable, est le suivant : un peu en amont de cette ligne, on établira une tranchée perpendiculaire à la descente des filets d'eau, et dans cette tranchée on construira un barrage de retenue en maçonnerie, avec des ailes sur les côtés, de façon à constituer une sorte de réservoir d'où l'on recueillera l'eau avec une tuyauterie en bois ou tout autre moyen.

C'est le cas, par exemple, d'une petite source S se manifestant par des suintements à la suite d'une dépression au fond de la-

Fig. 16.



quelle on ne pourrait arriver que par un puits très profond P *(fig. 16)*.

Le barrage peut être établi en amont B*m*, ou mieux en aval B*v*, selon les convenances locales. L'eau, qui s'amoncelle derrière le mur, est captée le plus bas possible et conduite dans une rigole en bois C, ou une conduite en tôle, fonte ou poterie, à telle distance que l'on veut en la soutenant convenablement au-dessus du sol. On sait avec quelle économie et quels avantages on utilise les rigoles en bois suspendues pour convoyer, dans les pays de montagnes, les eaux de cascades ou de glaciers, et créer des forces motrices.

Il est bon, dans la construction de ces barrages, d'amonceler en amont des pierres et des cailloux pour éviter l'obstruction des canaux de captage.

En règle générale, il y a toujours avantage à utiliser des dépressions de ce genre, car c'est vers elles que convergent les filets liquides, et elles constituent, par conséquent, un centre d'alimentation de sources.

Si les dépressions naturelles n'existent pas, il faut en créer d'artificielles.

Dans ce but, on creuse perpendiculairement à la marche des filets liquides, une tranchée qui pénètre jusque dans la roche sous-

jacente et que l'on remblaie ensuite comme pour un drainage. On fera, par exemple, un simple remplissage en pierres et galets, ou bien une rigole en pierres plates ou en briques, creusée

Fig. 17

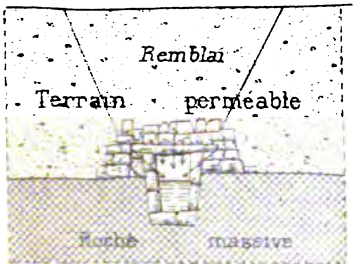
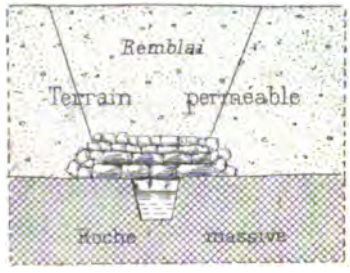


Fig. 18.



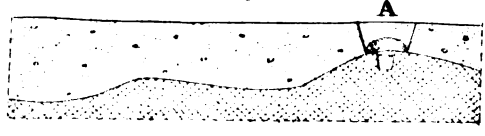
dans la roche *(fig. 17)* mais faisant saillie au-dessus d'elles afin de permettre aux suintements liquides de s'y déverser. Si on manque de pierres, on creusera dans la couche imperméable un drain que l'on recouvrira de fascines ou de branchages *(fig. 18)*. On choisira de préférence des branches d'arbres résineux qui résistent plus longtemps à l'humidité.

Une fois la rigole de captation des eaux terminée, on la recouvre de pierres faisant filtre et on remblaie la tranchée.

La largeur de ces drains de captage varie de 10 à 30 *cm*, et leur hauteur de 20 à 35 *cm*. On leur donne des dimensions plus grandes lorsque le captage doit être important.

La captation des sources par galeries implique en soi une assez grande dépense, mais que l'on réduit à un minimum si l'on a le soin de rechercher les points où la roche imperméable se rapproche le plus de la surface, en A, par exemple *(fig. 19)*.

Fig. 19



Le procédé a été essayé à différentes reprises, pendant ces dernières années, dans le but de créer des galeries filtrantes pour l'alimentation des villes en eaux potables (1); mais il a presque toujours donné de mauvais résultats, parce qu'on négligeait de

(1) *Captage d'eau de Quimper*, par M. A. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. *Annales des Ponts et Chaussées*. Avril 1896.

loger les galeries dans le terrain imperméable et qu'on ne prévoyait pas, dès le début, la pénétration directe des eaux impures ou souillées de la surface.

La disposition à employer varie selon la nature des terrains trois cas peuvent se présenter :

1° *La couche perméable du sol repose immédiatement sur un terrain imperméable ;*

2° *Le sol recouvre une roche fissurée de grande épaisseur ;*

3° *Le sol meuble repose sur une roche fissurée peu épaisse.*

1° La couche perméable superficielle repose sur une roche imperméable.

Après avoir découvert la roche au point convenable, on creuse la galerie dans la roche même, et on la recouvre en pierres sèches *(fig. 20)*. Puis on l'enveloppe d'une couche de sable fin provenant des matériaux de déblai passés à la grille ; et cette couche est recouverte d'un petit placage d'argile ou toute autre matière imperméable qui défend la galerie contre les infiltrations immédiates de la surface. On remblaie le reste de la fouille.

Fig. 20

Avec une semblable disposition, on voit qu'il se forme au-dessus du drain où vont se réunir les eaux une sorte de barrage contre lequel tend à s'amasser l'eau d'amont ; d'autre part, la cape argileuse ou marneuse rejette, en dehors de la fouille et en aval de la galerie, les eaux de surface qui tendent à s'infiltrer dans la tranchée.

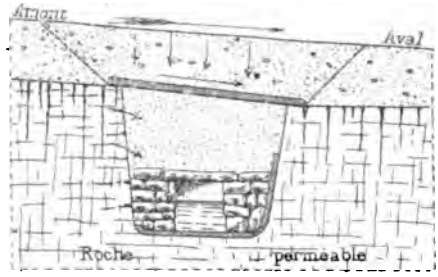
2° Le sol perméable recouvre une roche fissurée de grande épaisseur.

Conformément aux principes exposés, il faudrait atteindre le sous-sol imperméable pour y creuser la galerie de captage. Or, ce travail entraînerait à de trop grandes dépenses, et, dans ce cas, voici comment on doit opérer.

On établit la fouille aussi profondément que possible, et on

garnit le fond et la paroi d'aval d'un mortier quelconque ou d'un enduit marneux, de manière à boucher toutes les fissures de la roche. Puis, on construit la galerie de captage en pierres sèches *(fig. 21)*.

Fig. 21



On remblaie la tranchée avec du sable et du gravier qu'on recouvre, au-dessus de la roche, avec une cape argileuse ou toute autre matière convenable, mais inclinée d'amont en aval de manière à produire une sorte de fermeture et empêcher la pénétration directe des eaux de surface jusqu'à la galerie.

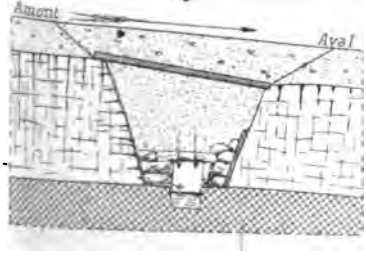
Cette disposition favorise l'accumulation des eaux contre la paroi d'aval qui joue le rôle de barrage et assure l'alimentation des eaux en même temps que leur filtration.

Les eaux qui arrivent d'amont à travers les fissures de la roche doivent passer facilement dans la tranchée et de là dans la galerie; aussi doit-on éviter de recouvrir de mortier ou d'argile la paroi d'amont; cette paroi doit rester bien dégagée.

3° Le sol meuble recouvre un terrain fissuré de peu d'épaisseur.

Si au terrain superficiel succède un calcaire fissuré, par exemple, de faible épaisseur, il faut ouvrir la tranchée jusqu'au terrain imperméable dans le quel on creuse la galerie dont la couronne est faite en pierres sèches *(fig. 22)*. On hourdit la paroi aval avec du ciment ou de l'argile, de manière à constituer, comme dans les cas précédents, un barrage qui empêche les eaux de gagner trop vite le côté aval de la tranchée. Puis, on remplit celle-ci avec du sable et du gravier qui forment filtre, et la partie supérieure est recouverte d'une chape d'argile pour empêcher la pénétration des eaux de surface.

Fig. 22

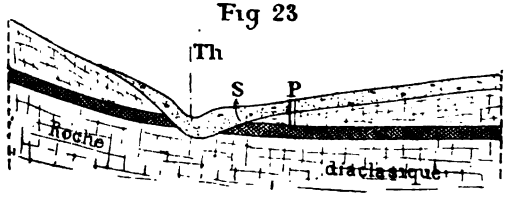


Avec les dispositions que je viens d'indiquer, on peut, en presque toutes les circonstances, assurer l'alimentation continue des galeries de captage, et, de plus, fournir des eaux claires et suffisamment filtrées.

Cette création de dépressions artificielles peut, d'ailleurs, recevoir beaucoup d'autres applications. En voici encore un exemple.

Dans les pays de montagnes, traversés par des ruisseaux à régime torrentiel, il arrive constamment que le lit de ces cours d'eau est à sec pendant une partie de l'année. Mais quand le thalweg du vallon correspond sensiblement au thalweg souterrain, on voit poindre des sources qui apparaissent et disparaissent, pendant l'étiage, dans le lit sablonneux et desséché. C'est le cas d'une vallée d'érosion où des bancs de calcaire fendillé reposent sur une couche de marnes feuilletées, et dont le fond est un remplissage de débris de roches, cailloux et sables charriés par les eaux *(fig. 23)*. En suivant les berges pendant la saison sèche, il est rare de ne pas voir poindre quelque suintement d'eau, indices d'une source qu'il est dès lors facile de capter par un puits P en amont. Pour augmenter le débit du puits, on en enveloppe la base d'une tranchée garnie d'une murette avec deux ailes de retour maçonnées, et qui forme comme un réservoir d'alimentation.

Fig 23

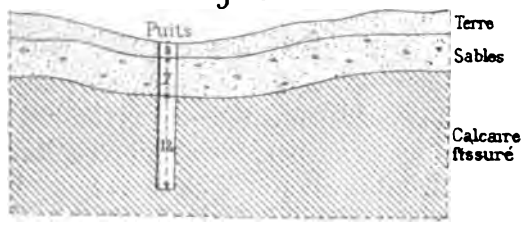


Emploi de la dynamite pour provoquer des venues d'eau.

Il semble, d'après tout ce qui précède, que la recherche des eaux souterraines ne présente pas de très grandes difficultés. Il est cependant un cas où l'application des règles ne donne pas de résultat, c'est lorsque la couche perméable superficielle recouvre une roche perméable de grande épaisseur. Il peut très bien arriver qu'un forage, descendu jusqu'à 20 ou 25 *m*, passe à côté des fentes. Or, il est souvent possible d'arriver à provoquer l'écoulement des eaux en agrandissant les fissures et en en formant même de nouvelles par un violent ébranlement du terrain. Voici, par exemple, comment l'on doit procéder.

A proximité d'une exploitation de mine *(fig, 24)*, on avait vainement cherché de l'eau en creusant un puits de 2 *m* de diamètre qui traversait une couche de terre végétale de 3 *m*, un banc de sables et cailloux de 7 *m* et enfin 12 *m* en calcaire, sans avoir pu constater autre chose que de simples suintements liquides. L'eau était proche, car, au bas du puits, le calcaire était fortement mouillé.

Fig. 24.



Je conseillai de faire détoner au fond du puits 10 *kg* de dynamite. L'effet fut immédiat, et l'ébranlement des parois par une telle explosion produisit un afflux d'eau qui remplit le puits, sur plusieurs mètres de hauteur, en quelques heures.

Le procédé n'est pas nouveau; il est de pratique courante, depuis une douzaine d'années, dans les exploitations pétrolifères de Pensylvanie. Quand un puits à pétrole est épuisé, on fore à sa base quelques trous de mine que l'on charge de dynamite. Il est rare que l'explosion ne provoque pas un nouveau jaillissement de pétrole par les fissures ainsi artificiellement créées dans la roche.

Cette façon de procéder est à recommander dans beaucoup de cas, car elle permet d'éviter le travail toujours coûteux et difficile des puits profonds. On peut s'y prendre de diverses manières; l'une des plus simples consiste à déposer simplement sur le fond du puits une forte charge d'explosif et à y mettre le feu par l'électricité.

On peut encore suspendre des charges à diverses hauteurs, en commençant par le bas, et les faire successivement exploser jusqu'à ce qu'on ait déterminé des ruptures internes livrant passage à l'eau qui remplit les diaclases de la roche perméable.

Et si l'eau vient à diminuer, on essaiera de provoquer de nouvelles venues par d'autres explosions.

Les charges peuvent être augmentées sans inconvénient à mesure qu'on pénètre en profondeur. L'explosion d'une charge libre de 10 à 15 *kg* de dynamite, à partir de 15 *m* de profondeur, ne produira aucun accident à la surface du sol si le puits est creusé de 10 *m* au moins en terrain rocheux, et que la partie supérieure soit consolidée par un boisage approprié ou un muraillement en maçonnerie.

VIII

Construction des puits.

Après avoir déterminé le point le plus convenable pour une captation d'eau, il faut y creuser un puits. C'est un travail qui ne présente généralement pas de difficultés et dont j'indiquerai rapidement les principes. Bien entendu, je laisse de côté la question des puits artésiens qui constituent une véritable industrie spéciale; elle est très connue et n'entrerait pas, d'ailleurs, dans le cadre restreint de mon sujet.

Les travaux d'établissement de puits varient selon la nature des terrains qu'ils doivent traverser et qu'on peut classer de la manière suivante :

Terrains consistants : *craie, calcaire, grès, granite,* etc. ;
— ébouleux : *argiles et sables ;*
— coulants : *sables fins, terres molles.*

1° Terrains consistants.

On emploie les procédés ordinaires de fonçage, en s'aidant de la poudre ou de la dynamite, et forant les trous de mine au fleuret et à la massette.

Dans la plupart des cas, les parois ne demanderont aucun revêtement en maçonnerie de chaux ou ciment, ce qu'il faut, d'ailleurs, éviter le plus possible, car les calcaires, craies, grès et certains granites débitent de l'eau par leurs fentes et fissures.

Pour le travail de mine, on évitera tous accidents en calculant convenablement les charges de poudre ou d'explosif. Et dans ce but, on peut se servir de la formule que j'ai indiquée en 1894, et qui paraît donner satisfaction.

Cette formule est la suivante (1) :

$$H = ER\,(at)^2$$

P charge d'explosif en kilogrammes ;

E coefficient proportionnel à la quantité d'explosif pouvant produire le même effet que 1 *kg* de dynamite n° 1 ;

R coefficient proportionnel à la résistance de la roche ;

(1) *Aide-Mémoire du Mineur*, Baudry et C^ie^, éditeurs. Paris, 1895, p. 74.

t profondeur du trou de mine ;

at ligne de moindre résistance en fonction de t. Cette ligne varie entre 0,50 t et t. Elle est mesurée à partir du centre de charge.

Tableau des valeurs de E.

Dynamite-gomme	0,70
Grisoutine-gomme, à 30 0/0	0,80
— — à 12 0/0	0,90
Fulmicoton	0,95
Dynamite n° 1	1,00
Tonite	1,20
Roburite, bellite	1,22
Rackarock ou poudre chloratée	1,30
Dynamite ammoniacale (30 0/0 Dyn.)	1,35
— n° 3	1,80
Poudre de mine noire comprimée	2,00
— — granulée	2,50

Tableau des valeurs de R.

Roches très dures : *quartzite, granite dur*	1,00
— dures : *granite, porphyre, gneiss*	0,80
— — : *schistes durs, calcaire cristallin*	0,50
— moyennement dures : *calcaires, schistes*	0,30
— tendres : *houille, craie, schiste facile*	0,15
— ébouleuses : *alluvions, sables*	0,05

La valeur de P est réduite de 50 à 75 0/0, selon que l'on opère sur un front de taille bien dégagé ou sur un bloc partiellement dégagé.

Pour de simples pétards, on prend 30 à 35 0/0 de P.

1er Exemple. — *Tirage à la poudre comprimée dans un grès fissuré.*

Diamètre des trous de mine, 0,40 à 0,50 *mm*.

On prendra :

$$R = 0{,}40 \qquad E = 2 \qquad at = 0{,}66\ t$$

Pour $t = 1{,}50$ *m*, on trouve $P = 0{,}800$ *kg*

$t = 2{,}00$ — $P = 1{,}400$

$t = 2{,}50$ — $P = 2{,}200$

Si on opère sur un bloc bien dégagé sur deux faces, on ne prend que 0,75 de P, et 0,50 seulement, s'il y a un plus grand nombre de faces libres.

2e Exemple : *Tirage à la dynamite n° 1 en granite.*

Diamètre des trous de mine, 0,18 à 0,30 *mm.*

On prendra :

$$R = 0{,}70 \qquad E = 1 \qquad at = 0{,}50\,t$$

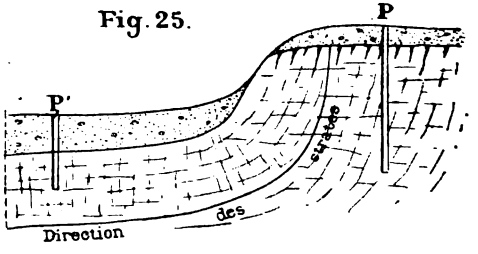
Pour $t = 1{,}00$ *m*, on trouve $P = 0{,}175$ *kg*
$t = 1{,}50$ — $P = 0{,}400$
$t = 2{,}00$ — $P = 0{,}700$
$t = 2{,}50$ — $P = 1{,}100$

Ces valeurs de P peuvent être réduites de 20 à 30 0/0 selon que le bloc est dégagé sur un plus ou moins grand nombre de faces.

En raison des fissures que présentent les roches diaclasiques, les trous de mine perforés dans ces roches rencontrent fréquemment des fentes dont la présence cause, particulièrement avec les *poudres lentes*, comme la poudre noire ordinaire, de longs feux, de véritables ratés. Il faudra, dans un cas de ce genre, procéder par petits coups de mine, en bourrant aussi énergiquement que possible avec des tampons d'argile molle.

Si les strates du terrain, au lieu d'être horizontales ou légèrement inclinées, sont verticales, les eaux d'infiltration les traversent très rapidement, de sorte qu'un puits foncé suivant les plans de stratification ne donnerait pas d'eau, à moins d'être poussé à une très grande profondeur.

Fig. 25.



Il faut, dans ce cas, chercher dans le voisinage quelque endroit où la stratification soit moins relevée, en P', par exemple *(fig. 25)*. Il est certain qu'un puits placé en P ne donnerait que peu ou point d'eau.

2° Terrains éboulеux.

Lorsque le sol est éboulеux, on fore le puits au pic et à la pelle, mais il faut garnir les parois avec des boisages pour éviter des éboulements pendant le cours des travaux.

Au point de vue de l'exécution d'une semblable fouille et de la rapidité avec laquelle on doit effectuer le boisage, on peut consulter le tableau suivant qui indique la hauteur-limite à laquelle un terrain découpé verticalement peut se tenir en équilibre instable.

Sable sec et gravier, hauteur maxima. . . .		0,35 *m*,
Sable mouillé,	—	0,60 à 1,00 *m*
Sol argileux bien drainé,	—	1,50 à 3,00
Argile bien drainée,	— . . .	2,50 à 3,75
Sol compact graveleux,	—	3,00 à 4,00

Au delà de ces hauteurs, le terrain ne peut pas se tenir verticalement, même pendant un temps très court.

Bien entendu, ces chiffres n'ont rien d'absolu, et ne sont donnés qu'à titre de renseignement. Il est d'ailleurs facile de les préciser pour chacun des cas particuliers qui se présentent.

Pour faire le boisage, on dispose de distance en distance des *rouets* ou cadres polygonaux, solidement et invariablement assemblés, et qu'on relie par des pièces verticales ou *chandelles*. La distance qui sépare les rouets et les chandelles dépend du plus ou moins de consistance du terrain.

Si les suintements d'eau ne se produisent qu'à la base du puits, on pourra se contenter du boisage de soutènement pour garnir les parois. Mais s'ils se manifestent sur toute la hauteur du puits, il sera nécessaire d'établir un boisage plus complet et même, dans quelques cas, un muraillement de briques ou de moellons.

Celui-ci se construit par fragments superposés ou *couronnes* dont la hauteur varie de 1 à 3 ou 4 *m*, selon que le terrain se prête plus ou moins à leur descente. On établit d'abord un solide rouet en chêne qu'on pose dans la fouille, à 1 ou 2 *m* au-dessous du sol, en ayant soin de l'encastrer, aussi solidement que possible, par ses extrémités saillantes. On reprend ensuite par-dessous une nouvelle couronne placée elle-même sur un rouet, et on la raccorde avec la première après avoir enlevé le rouet de séparation; et ainsi de suite.

Afin d'éviter des ruptures ou des cassures dans les parois du puits, il est bon de ménager de distance en distance des sarbacanes pour écouler les eaux qui s'amoncelleraient entre le terrain et la maçonnerie et produiraient des poussées considérables.

3° Terrains coulants.

L'exécution d'un puits en terrain coulant demande de grandes précautions. Comme dans le cas précédent, il faut boiser, mais alors les cadres doivent être très rapprochés et complètement garnis contre le terrain pour retenir les sables ou les terres.

Ce garnissage se fait au moyen de *palplanches* ou planches jointives.

Mais le plus sûr et le plus prudent est de maçonner immédiatement.

Dans ce but, on fait une première excavation de 1 à 2 *m* de profondeur, dont le fond a le diamètre que l'on veut donner au cuvelage.

On installe d'abord un solide rouet, ne présentant aucune saillie, et sur lequel on monte la maçonnerie jusqu'à 1 *m* environ au-dessus du sol. Quand ce travail est fait, un ou deux ouvriers, autant que le permet la section du puits, piquent le sable avec des pioches sous le rouet. Celui-ci descend d'une certaine hauteur, entraînant avec lui la couronne maçonnée que l'on recharge d'autant à la partie supérieure. Avec un peu de soin, on arrive à obtenir une descente régulière et suffisamment de niveau ; et ainsi, peu à peu, on garnit le puits sur toute la profondeur voulue.

Comme précédemment, il faut ménager dans les parois maçonnées des sarbacanes pour écouler les eaux qui les compriment sur leur parement extérieur. Mais si les sables sont trop fluents, il faut garnir ces ouvertures de plaques poreuses ou de tampons en toile d'amiante, afin d'éviter l'entraînement, avec les eaux filtrées, de sables qui viendraient à la longue combler le puits.

Malgré toutes ces précautions, les sables, particulièrement lorsqu'ils sont très fins, finissent par remplir le puits, et il est nécessaire de procéder à de fréquents curages.

Pour remédier à ces inconvénients, M. Ed. Lippmann a imaginé le *cuvelage filtrant*. C'est un tube, de section polygonale, revêtu de plaques poreuses à travers lesquelles l'eau filtre très lentement, sans vitesse pour ainsi dire, mais d'une manière continue

et sans qu'elle puisse entraîner avec elle aucune parcelle de sable. On provoque le débit par une succion à la pompe aspirante.

La première application de ce procédé a été faite, en 1888, à Rambouillet. La région qui entoure la ville est formée d'un banc d'argile recouvrant une couche de sables siliceux très fins qui reposent eux-mêmes sur la marne.

Le plus simple, *à priori*, dans un semblable cas, et conformément aux règles et principes que je viens d'exposer, était d'aller chercher l'eau dans la craie perméable; et, pour y arriver, de forer un puits maçonné, à travers les sables coulants, en le faisant pénétrer le plus avant possible dans la roche perméable sous-jacente.

Mais ce procédé usuel présentait, dans l'espèce, les plus sérieux inconvénients. Il aurait fallu, d'abord, creuser un puits parfaitement étanche dans la traversée sablonneuse, et le pousser jusqu'à 50 ou 60 *m* de profondeur; d'autre part, les eaux puisées dans la craie sont très calcareuses et par suite eussent été impropres aux usages domestiques.

M. Lippmann a résolu le problème en muraillant un puits jusqu'aux sables et établissant, à partir de là, dans la nappe aquifère sablonneuse un forage à plaques poreuses filtrantes (1). Celui-ci constitue un petit cuvelage de 0,40 *m* de diamètre sur 3,50 *m* de hauteur. La base du cuvelage est à 12 *m* seulement de profondeur, et l'eau monte jusqu'à 5 *m* du sol.

Ce puits donne une eau fraîche, limpide, et d'un faible degré hydrotimétrique (2).

La filtration s'opère d'une façon continue. L'eau traverse les plaques sans vitesse, et la couche aquifère conserve son état d'équilibre normal autour du tubage.

Ce système, simple et d'une application peu coûteuse, est appelé à rendre de grands et fréquents services.

Telles sont les règles générales qui peuvent servir de guide pour la construction des puits ordinaires. Ces règles sont utiles à connaître, car l'inexpérience des puisatiers et des hommes que l'on occupe à ces travaux est une cause de fréquents accidents qu'un Ingénieur doit toujours s'efforcer de prévoir et surtout de prévenir.

(1) *Cuvelage filtrant les eaux troubles et impures*, par M. M. de Nansouty. *Génie Civil*, t. XIII, p. 390.

(2) Un degré hydrotimétrique correspond à 0,0057 *gr.* de chaux anhydre par litre d'eau. Une eau est dite *potable*, quand elle ne titre pas plus de 30 degrés hydrotimétriques.

IX

Eaux douces et eaux dures.

Il me reste, pour terminer, à donner quelques indications sommaires sur la valeur des eaux de puits au point de vue de leurs usages domestiques et industriels.

En général, les eaux de puits sont fraîches, mais peu oxygénées. Elles contiennent fréquemment des matières organiques et diverses matières minérales empruntées aux terres et aux roches qu'elles ont traversées. Ainsi, les eaux des terrains crayeux et calcaires, sont chargées de carbonate de chaux, celles qui traversent des gisements de fer sont ferrugineuses ; au contact des gypses, elles dissolvent du sulfate de chaux, etc.

Les eaux sont dites *douces* ou *potables* quand elles renferment peu de chaux, *dures* ou *crues* quand elles en contiennent beaucoup, et *séléniteuses* lorsqu'elles sont surtout chargées de sulfate de chaux.

Les puits creusés dans le voisinage d'une rivière ne débitent généralement pas la même eau que celle-ci, car ils ne sont pas nécessairement alimentés par elle ; et le fait est constaté par la nature quelquefois très différente des deux eaux au point de vue hydrotimétrique. Ainsi, tandis que l'eau de la Seine, en amont de Paris, marque 15 à 20 degrés hydrotimétriques seulement, on a trouvé jusqu'à 54 degrés pour des eaux de puits aménagés à moins de 100 *m* des berges.

On peut en dire autant des puits creusés au bord de la mer qui, très souvent, et à 1 ou 2 *m* seulement du rivage, fournissent des eaux douces.

Il est intéressant, dans beaucoup de cas, de déterminer l'origine des eaux d'un puits. Dans ce but on jette dans la source soupçonnée une certaine quantité de sel marin, et ensuite on analyse l'eau du puits.

Ou bien encore on a recours à la coloration en faisant usage de fluorescéine en dissolution.

La question d'adoucissement des eaux dures est des plus importantes, car on n'a quelquefois à sa disposition que des eaux impures ; mais elle a été si souvent traitée que je dois me borner à renvoyer aux ouvrages qui ont été publiés à ce sujet.

BIBLIOGRAPHIE

Guide du sondeur, par M. J. Degousée. — Langlois et Leclercq, éditeurs. Paris, 1847.

L'art de découvrir les sources, par M. l'abbé Paramelle. — 4e édition. Baudry et Cie, éditeurs. Paris, 1896 (1re édition, 1856).

Traité des gîtes métallifères, par Alb. von Groddeck. Traduit par M. H. Kuss. — Dunod, éditeur. Paris, 1884.

Les eaux souterraines à l'époque actuelle, leur régime, leur température, leur composition au point de vue du rôle qu'il leur revient dans l'économie de l'écorce terrestre, par A. Daubrée. — Veuve Ch. Dunod, éditeur. Paris, 1887.

The genesis of ore deposits, by Franz Posepny. Chicago, 1893.

Applications géologiques de la spéléologie, par E.-A. Martel. — Paris. Annales des Mines, 7e livraison de 1896.

TABLE DES MATIÈRES

I. Introduction 38

II. Genèse des eaux souterraines et leur action sur les roches 39

III. Conditions de perméabilité ou d'imperméabilité des terrains. 46
Terrains perméables 46
1° Pouvoir absorbant par imbibition 47
2° — — par remplissage des vides. 48
3° — — des roches diaclasiques 49
Terrains imperméables 51

IV. Reconnaissance des terrains par leur aspect physique 55
1° Terrains imperméables 55
2° — perméables 56
Lois générales de l'hydrologie souterraine. 57

V. Régime des eaux souterraines 57
Influence de milieu perméable. 59
— des dénivellations du plan de drainage 60
Cavernes et cavités naturelles 63
Glacières naturelles. 64

VI. Recherches des sources 65
Problème industriel de la recherche des eaux souterraines. 65
1° Recherches sur un plateau. 66
2° — sur les versants 68
3° — dans les vallées et les plaines. 70
a) A l'origine du thalweg 73
b) Dans les dépressions. 74
Recherches facilitées par l'examen des signes extérieurs. 75

VII. Captage des sources 77
Utilisation des dépressions naturelles. 78
Création de dépressions artificielles. 78
Captages pour l'alimentation des villes en eaux potables 79
1° La couche superficielle repose sur un banc imperméable. 80
2° Le sol perméable recouvre une roche fissurée épaisse. 80
3° — — repose sur une roche fissurée de faible épaisseur. . 81
Emploi de la dynamite pour provoquer des venues d'eau. 82

VIII. Construction des puits 84
Terrains consistants 84
Formule pour calculer les charges de poudres et d'explosifs. 84
Terrains ébouleux 87
— coulants. 88
Cuvelages filtrants 88

IX. Eaux douces et eaux dures. 90

X. Bibliographie. 91

CHRONIQUE

N° 211.

Sommaire. — Anciennes chaudières à petits éléments. — Moyens de réduire le volume d'eau nécessaire pour la condensation dans les machines à vapeur. — Production minérale des États-Unis. — Inconvénients des canalisations de vapeur sous les rues. — Les nouveaux paquebots transatlantiques allemands. — John Haswell.

Anciennes chaudières à petits éléments. — On sait que les chaudières formées de petits éléments, si en vogue en ce moment dans la marine, ne sont pas d'origine récente, et que, déjà il y a plus de soixante ans, de bons modèles de ce genre de chaudières ont été proposés, notamment pour des voitures automobiles. On cite toujours pour preuve l'exemple du générateur de Goldworthy Gurney, qui remonte à 1827 ; mais nous n'avons jamais vu mentionner un autre générateur encore plus ancien et qui présente des dispositions très remarquables, entre autres l'application (probablement pour la première fois), d'une circulation méthodique sous une forme qu'on retrouve dans beaucoup de chaudières actuelles de ce genre.

Cet appareil remonte à 1825. Il est dû à un nommé Joseph Eve, né aux États-Unis et établi à Liverpool. Cet inventeur paraît s'être particulièrement occupé de perfectionnements dans les machines à vapeur. Cédant au courant d'idées en vogue, à l'époque, il inventa une machine rotative, mais ce qui distinguait cette machine de la masse de ses congénères, c'est qu'elle était *compound*. Le titre du brevet est : *Patent compound rotatory engine*. Cet appareil était formé de deux machines rotatives semblables, mais dont la seconde, recevant la vapeur d'échappement de la première, avait une vitesse plus considérable que celle-ci, de manière à offrir un volume correspondant à l'expansion de la vapeur. Si l'auteur s'inspirait du principe de Woolf, il y a une différence dans le mode de fonctionnement de sa machine, qui rentre dans celui de la machine à réservoir intermédiaire, mode de fonctionnement que Roentgen devait appliquer trois ou quatre ans plus tard aux machines à pistons. Le moteur d'Eve comprend également quelques autres dispositions remarquables, telles qu'une pompe à air rotative, un tirage forcé par ventilateur insufflant de l'air sous la grille, etc.

Nous allons donner la description de la chaudière d'après l'ouvrage de Galloway, *History and Progress of the Steam Engine*, ouvrage fort curieux publié à Londres, en 1831, et qui, croyons-nous, n'a jamais été traduit en français.

L'auteur s'est proposé, dans l'étude de ce générateur, de réaliser une circulation constante de l'eau dans les tubes, de manière à les empêcher de se détruire sous l'action d'une chaleur excessive; de plus, l'emploi de tubes de très faible diamètre donne une grande résistance et une

complète sécurité contre les ruptures; le renouvellement rapide de l'eau permet l'emploi d'un foyer de dimensions relativement faibles, et l'appareil est compact et de volume réduit. Il y a d'ailleurs un certain rapport entre ce générateur et celui de M. Gurney, qui lui est postérieur.

La figure 1 est une vue de côté, la figure 2 une coupe verticale, la figure 3 une vue d'avant et la figure 4 une vue d'arrière. Les lettres sont les mêmes pour toutes les figures.

a représente le réservoir inférieur, *b* le réservoir supérieur ou réservoir de vapeur; *cc* sont de gros tubes verticaux servant au retour de l'eau du réservoir supérieur au réservoir inférieur; *d* est le dôme de prise de vapeur duquel part la conduite *f*; *ggg* sont des tubes de faible diamètre réunissant les deux réservoirs.

La figure 2 représente une des dix sections qui forment l'appareil complet; on voit que les petits tubes sont fixés à leurs extrémités dans des tubes horizontaux ayant au milieu un tube vertical aboutissant respectivement au réservoir supérieur et au réservoir inférieur. Dans ces réservoirs se trouvent, au débouché de chaque tube vertical, des soupapes *i* et *h*. La première est soulevée par le courant ascendant de l'eau, la seconde reste ouverte par son poids. *pp* est la grille, *oo* le cendrier, *q* un bouchon pour le nettoyage. Le nombre des sections et des tubes qui forment chaque section est arbitraire.

L'appareil étant rempli d'eau et le feu allumé sur la grille, l'échauffement de l'eau des tubes *g* produit l'ascension de l'eau dans ces tubes, et le renouvellement de cette eau se fait par le courant descendant dans les gros tubes *c*. Il y a donc une parfaite circulation. Les tubes *c* ont de 25 à 50 *mm* de diamètre et de 3 à 6 d'épaisseur, de manière à pouvoir résister aux pressions les plus élevées; les réservoirs horizontaux ont 0,24 *m* de diamètre et 0,03 d'épaisseur, et les tubes verticaux de retour 0,10 *m* de diamètre et 18 *mm* d'épaisseur.

Les soupapes *h* et *i*, placées au débouché des tubes verticaux dans les réservoirs horizontaux, sont destinées à prévenir les conséquences de la rupture d'un des petits tubes. Si ce fait se produisait, les soupapes seraient appliquées sur leur siège par la pression intérieure, et il ne pourrait se produire aucun écoulement d'eau ou de vapeur. Le faisceau correspondant serait simplement rendu inactif. Le générateur ne serait point arrêté pour cela, mais perdrait seulement une partie de sa puissance correspondant à la partie mise hors de service.

Les tubes horizontaux ainsi que les gros tubes verticaux de retour sont noyés dans la maçonnerie du foyer, et il n'y a d'exposé à la chaleur que les petits tubes verticaux, de manière que la circulation de l'eau s'effectue forcément dans le sens de l'ascension par les petits tubes et de la descente par les gros tubes de retour. Pour éviter qu'une circulation trop active n'amène des projections d'eau, on dispose dans les réservoirs supérieurs une tôle horizontale, percée de petits trous, qui tamise pour ainsi dire la vapeur. Il est dit dans le texte anglais que la forme contournée donnée aux petits tubes a pour objet de permettre à la vapeur de monter plus rapidement que l'eau.

Ce générateur est muni d'un appareil d'alimentation spécial qu'on voit dans la figure 4 et qui est formé de deux robinets. *n* est un réser-

Fig. 1.

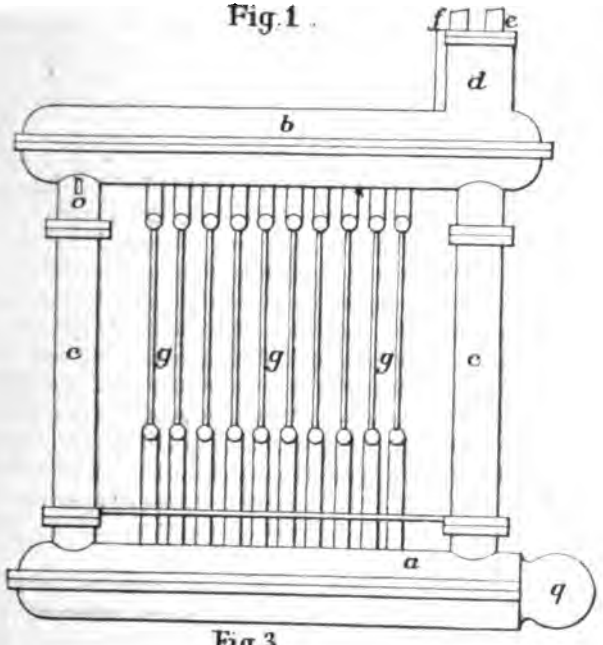


Fig. 3

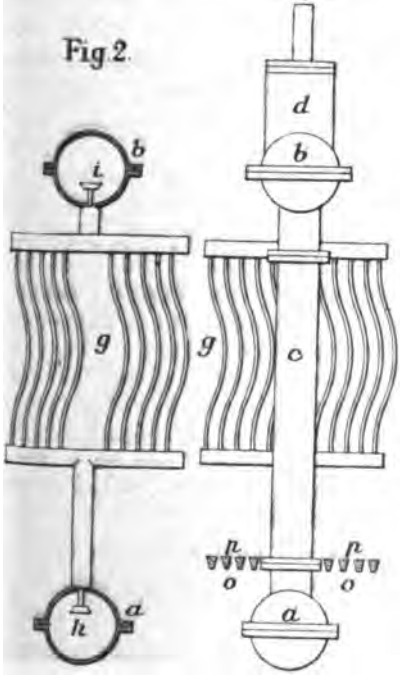
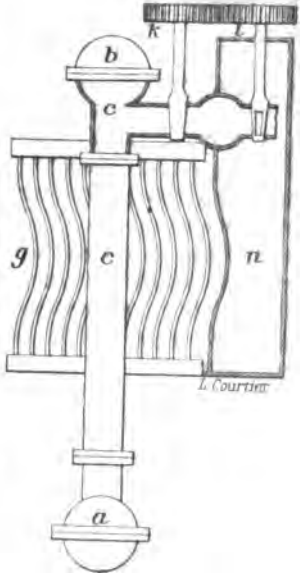


Fig. 2.

Fig. 4



voir rempli d'eau dont un des côtés forme la paroi du foyer, de manière que l'eau s'y échauffe. Ce réservoir est relié avec des tubes verticaux de retour par un conduit horizontal dans lequel se trouvent deux robinets *k* et *i* dont les clés sont conjuguées par des roues dentées de manière que, lorsqu'un des robinets est fermé, l'autre est ouvert et inversement.

Il est facile de comprendre d'après cet arrangement que par le mouvement continu des robinets, l'eau du réservoir pénètre dans la chaudière, mais seulement quand le niveau de l'eau dans le tube vertical de retour sera inférieur au niveau de l'appareil alimentaire. Celui-ci forme donc en même temps régulateur d'alimentation automatique.

L'auteur anglais considère que le système décrit se fait remarquer par plusieurs dispositions qui méritent d'être signalées. D'abord l'arrangement des tubes qui produit une circulation énergique de l'eau grâce à laquelle on n'a besoin que d'un foyer de faible dimension et d'un volume assez faible pour que le système soit facilement applicable pour des appareils devant se déplacer. De plus, la disposition de l'alimentation avec régulation automatique sans dépense de force ou de calorique est très ingénieuse et complète bien l'appareil; enfin le système de sûreté qui prévient tout échappement de vapeur ou d'eau en cas de rupture d'un des petits tubes des faisceaux est à signaler.

Il nous a paru utile de rappeler, à titre de curiosité historique, ce système qui est assurément fort peu connu, et qui emprunte un intérêt particulier à la vogue qu'ont en ce moment les générateurs fondés sur le même principe.

Moyen de réduire le volume d'eau nécessaire pour la condensation dans les machines à vapeur. — M. H. Davey a fait au congrès récemment tenu par l'*Institution of Civil Engineers* une communication sur les condenseurs séparés, titre qui ne nous paraît pas bien approprié au sujet traité par l'auteur, lequel touche en réalité aux divers moyens qu'on peut employer pour réduire la quantité d'eau nécessaire à la condensation dans les machines à vapeur, question qui a pris beaucoup d'importance dans ces derniers temps par suite de l'installation de puissants moteurs à vapeur dans des villes où l'eau est difficile à se procurer en grandes quantités et à bon marché. Si on considère qu'une machine dépensant 7 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure et nécessitant pour la condensation un poids d'eau égal à 35 fois le poids de vapeur, emploiera $7 \times 35 = 245$ *l* par cheval et par heure, on voit que, pour 1 000 *ch* et 10 heures, le volume nécessaire atteindra le chiffre très respectable de 2 450 m^3 par jour. Or, avec l'éclairage électrique et les stations centrales, les machines de 1 000 *ch* et plus ne sont pas exceptionnelles aujourd'hui.

M. Davey divise les systèmes qui font l'objet de son étude en quatre catégories : 1° les bassins de refroidissement; 2° les condenseurs à évaporation; 3° les condenseurs à air, et 4° les appareils de refroidissement de l'eau de condensation.

Le principe sur lequel sont basées toutes les méthodes qui ont pour objet de réduire la quantité d'eau de condensation consiste à faire

absorber par l'air atmosphérique une partie plus ou moins grande, sinon même la totalité, du calorique contenu dans la vapeur qui sort de la machine, calorique qui, dans la méthode ordinaire de condensation, est entièrement absorbé par de l'eau. Le problème revient donc à chercher par quels moyens on peut faire le plus facilement diluer ce calorique dans l'air. Des conditions diverses interviennent dans la question, par exemple la température extérieure, le degré d'humidité de l'air, etc.; une grosse difficulté est dans le volume considérable d'air à mettre en mouvement.

1° *Bassins de refroidissement.* — La méthode probablement la première employée et aussi celle qui l'est le moins, à cause de l'emplacement très grand qu'elle nécessite, est l'usage de bassins où l'eau se refroidit naturellement par évaporation.

Il est difficile de donner des indications bien précises sur les proportions à donner aux bassins. L'auteur pense toutefois qu'on peut indiquer avec sécurité une surface de niveau d'eau de 1/2 m^2, et un volume de 350 l par kilogramme de vapeur à condenser par heure.

2° *Condenseurs à évaporation.* — C'est probablement cette catégorie qui présente le plus d'intérêt et dont le développement a été le plus rapide. Les appareils qu'elle comprend sont formés en principe d'un faisceau tubulaire dans l'intérieur duquel passe la vapeur sortant de la machine. On fait couler sur la surface extérieure de l'eau qui, en se vaporisant, absorbe la chaleur des tubes et par conséquent de la vapeur qui se condense. Déjà dans l'air en repos on obtient un effet considérable, mais, si un courant d'air vient emporter la vapeur formée par la vaporisation de l'eau à mesure qu'elle se forme, l'effet est considérablement augmenté. Ce courant d'air est généralement produit au moyen d'un ventilateur.

Les dispositions mécaniques des installations de ce genre doivent être étudiées avec beaucoup de soin pour que les résultats soient tout à fait satisfaisants. On peut arriver à employer à peine plus d'eau que celle qui correspond à l'alimentation d'une machine de même force sans condensation.

La disposition générale d'un condenseur de ce système comprend un faisceau tubulaire généralement vertical avec des arrangements divers pour répandre sur la surface des tubes une légère couche d'eau, un ventilateur pour produire un courant d'air qui lèche les tubes et emporte la vapeur produite; la vapeur après avoir passé dans le faisceau tubulaire et s'y être en grande partie condensée traverse encore un petit condenseur à surface supplémentaire avant d'arriver à la pompe à air. C'est l'eau qui a servi au refroidissement de ce condenseur supplémentaire qui va après se répandre sur la surface extérieure du premier faisceau tubulaire; on a ainsi une circulation méthodique.

Ces appareils nécessitent de la force motrice pour la circulation de l'eau dans le condenseur supplémentaire, pour l'élévation de cette eau à la partie supérieure du faisceau tubulaire et, pour la manœuvre de la pompe à air et pour celle du ventilateur.

Voici, relativement aux proportions à donner aux appareils de ce genre,

quelques renseignements dus à une communication de MM. D. Stewart et Cie, de Glasgow, qui en ont établi un grand nombre.

La quantité d'eau nécessaire pour la condensation peut être évaluée à 1 à 1 1/2 *kg* par kilogramme de vapeur à condenser, et la surface tubulaire à au moins 2 dm^2 par kilogramme de vapeur à condenser. La surface du condenseur supplémentaire doit être de 0,4 dm^2 par kilogramme de vapeur. Le poids d'eau en circulation doit être de 20 fois le poids de vapeur à condenser.

On place souvent ces appareils sur les toits, bien qu'avec l'emploi d'un ventilateur cette position ne soit nullement nécessaire. Les détails peuvent d'ailleurs différer considérablement d'une installation à l'autre, bien que le principe soit le même pour toutes.

3° *Condenseurs à air.* — La disposition générale de ces condenseurs est la même que celle des précédents ; elle comprend un faisceau tubulaire à l'intérieur duquel passe la vapeur à condenser, l'extérieur est refroidi par un courant d'air qui absorbe le calorique contenu dans la vapeur et dont la soustraction amène la condensation de celle-ci. On peut activer la circulation de l'air par des moyens mécaniques. Avec ce système, il faut d'énormes surfaces (1).

4° *Appareils de refroidissement de l'eau de condensation.* — Les plus anciens des appareils de cette catégorie sont les bassins de refroidissement dont il a été parlé en premier lieu. On emploie aujourd'hui une foule de dispositions basées sur la division de l'eau chaude et sa mise en contact avec de l'air en mouvement. Il suffit d'indiquer le principe de cette méthode dont les moyens d'application sont extrêmement nombreux.

Nous croyons devoir rappeler que les premières applications des systèmes de ce genre remontent déjà fort loin. Ainsi le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, de l'année 1826, décrit, page 376, une installation faite aux forges de Lajoye, près Hennebont (Morbihan) où, par suite de la sécheresse de cette année 1826, on n'avait plus assez d'eau pour opérer la condensation de deux machines à vapeur, l'une de 30, l'autre de 20 *ch.* L'eau sortant de la bâche était projetée sur des fascines et envoyée dans un bassin situé à 150 *m* d'où elle revenait refroidie à la machine. On constata qu'en 24 heures l'eau ne s'échauffait pas sensiblement. Il est indiqué dans l'article que, si on ne disposait pas d'un bassin, on pourrait y suppléer en projetant l'eau en l'air par des jets très divisés.

Le même *Bulletin*, dans l'année 1827, page 187, indique que M. Madelaine, capitaine d'artillerie, a installé dans une scierie de marbre située à Paris, près de la barrière d'Enfer, une installation pour le refroidissement de l'eau de condensation d'une machine de 6 *ch.* Cette eau, élevée par une pompe, circule dans les gouttières des toitures de l'usine et

(1) Dans un mémoire publié dans les *Annales des Mines*, M. Carcanagues, Ingénieur des Mines, a étudié les conditions de l'application du condenseur à air aux locomotives et conclu à l'impossibilité de cette application à cause du poids et du volume exagérés de l'appareil et de la grande proportion de force employée pour la circulation de l'air. En rendant compte de ce mémoire dans le Bulletin d'août 1896, nous exprimions le regret que l'auteur n'ait pas examiné si le système qui précède, le condenseur à évaporation, ne serait pas plus facilement applicable.

tombe par les trous d'un tamis à mailles écartées de 1 1/2 *mm* d'une certaine hauteur, dans un bassin où elle est recueillie. De 38° la température s'abaisse à 15 à 20. On ne perd que 10 0/0 de l'eau.

Dans un mémoire annexé, l'auteur développe des considérations intéressantes sur la dépense d'eau des machines à vapeur et l'intérêt qu'il y a à leur appliquer la condensation. Il indique qu'on peut séparer les matières grasses contenues dans l'eau en faisant passer celle ci à travers un crible.

Production minérale des États-Unis. — Notre Société a reçu de la *Scientific Publishing Cy*, de New-York, les tableaux qui résument les statistiques de la production minérale des États-Unis pour les années 1895 et 1896, et nous croyons utile d'appeler, comme d'habitude, l'attention de nos Collègues sur ce travail colossal et d'autant plus intéressant qu'il est dû, comme on le sait, entièrement à l'initiative privée et qu'il parait trois mois au plus tard après la clôture de l'exercice, en avance, par conséquent, d'au moins un an sur les statistiques officielles.

La production minérale est divisée, dans ces tableaux, en deux grandes classes; les produits non métalliques comprenant 71 groupes et les produits métalliques en comprenant 10, total 81. Dans la précédente statistique, ces groupes étaient respectivement au nombre de 61 et 9. total 70.

En 1895, la production totale représentait une valeur de 733 millions de dollars, et, en 1896, de 752, soit une augmentation de 19 millions.

Les chapitres qui fournissent les plus grosses sommes pour 1896 sont les charbons qui figurent pour 200 millions de dollars, les fontes brutes pour 92, les argiles pour 65, l'or pour 58, le cuivre pour 50, le pétrole pour 58, l'argent pour 37, la chaux pour 30, etc.

La production de l'or a beaucoup augmenté, 58 millions contre 47 l'année précédente; celle de l'argent également, 37 contre 30, pour ce dernier métal la différence de production en poids est de 307 823 *kg* en faveur de 1896, (1 748 710 *kg* au lieu de 1 441 087).

La production des combustibles a été, en 1896, de 126 millions de tonnes métriques de charbon bitumineux et de 44 millions de tonnes d'anthracite, total 170 millions de tonnes, contre 125 et 47, total 172 millions pour 1895, chiffres à peu près identiques.

Le pétrole brut figure, en 1896, pour 61 millions de barils, représentant 8 1/2 millions de tonnes métriques contre 53 millions de barils ou 7,2 millions de tonnes pour 1895. La valeur par unité a un peu augmenté, 6,81 dollars par tonne métrique au lieu de 6.60. On voit que la production sur ce chapitre est encore en notable augmentation.

Le gaz naturel figure simplement pour sa valeur, 10 millions de dollars en 1896 contre 12 pour l'année précédente. Il y a une sensible diminution due aux causes que nous avons signalées dans notre précédente chronique.

Nous croyons devoir spécialement appeler l'attention sur ce fait que, dans les statistiques dont nous nous occupons, les quantités figurent dans deux colonnes adjacentes, l'une pour les mesures usuelles, l'autre

pour les tonnes métriques. Dans les premières on voit se succéder, selon la nature des produits, les tonnes courtes de 2 000 livres, les tonnes longues de 2 240, les barils de 300 livres, ceux de 400 et de 280, ceux de 42 gallons (pour le pétrole), les onces troys (métaux précieux), les bouteilles de 76 1/2 livres (mercure), etc. Rien ne peut mieux que cette comparaison faire apprécier les avantages d'un système uniforme de poids et mesures, avantages que les auteurs de cette publication remarquable ont bien senti, puisqu'ils en font usage.

Inconvénients des canalisations de vapeur sous les rues. — On sait qu'aux États-Unis et notamment à New-York, il y a des compagnies qui distribuent la vapeur par des conduites pour chauffage et force motrice.

Ces canalisations ne sont pas sans présenter des inconvénients ; ainsi récemment il s'est produit des fuites de vapeur dans les conduites de la New-York Steam Company qui a plusieurs kilomètres de tuyaux sous les principales rues et ces fuites ont endommagé les joints des conduites d'eau, les égouts et les trottoirs et chaussées en asphalte. Ces dommages sont dus à l'élévation de température amenée par les fuites de vapeur.

Avant d'autoriser la Compagnie à poser de nouvelles conduites de vapeur, la Commission des Travaux publics a chargé MM. Birdsall, Ingénieur-chef du Département des Travaux publics, Horace Loomis, Ingénieur du Service des Égouts, et Mac Cormick, Ingénieur du Service de l'Éclairage public, de rechercher les moyens à employer pour protéger les conduites municipales contre les inconvénients provenant du voisinage des tuyaux de vapeur.

Le premier de ces Ingénieurs, M. Birdsall, considère que le transport à distance de la vapeur par des tuyaux n'est praticable que dans des tunnels où ces tuyaux peuvent être l'objet d'une surveillance constante et d'un entretien convenable. Mais lorsqu'ils sont enterrés simplement, quelque bien enveloppés qu'ils soient, on ne peut empêcher le sol environnant d'arriver à une température de 32° C. Si, ce qui est à peu près inévitable, les dilatations et contractions successives amènent des fuites de vapeur, la température du sol peut s'élever à 90° C.

M. Birdsall recommande les précautions suivantes : 1° donner un excès de force aux tuyaux et aux joints ; 2° poser les tuyaux sur des supports étroits, tous les 1,80 *m* ; 3° mettre un joint de dilatation au moins tous les 15 *m* ; 4° les placer dans une enceinte formée de bois injecté ou de briques, avec un intervalle d'au moins 0,15 *m* tout autour du tuyau ; 5° remplir l'intervalle dont il vient d'être question de matières non conductrices ; 6° mettre des enveloppes analogues aux robinets qui arrivent à la surface du sol ; 7° disposer tous les regards placés à la surface de manière à amortir le bruit ; 8° ne placer aucun tuyau de vapeur à moins de 0,60 *m* de distance d'une conduite d'eau ; 9° ne placer aucun branchement de vapeur desservant une maison à moins de 0,60 *m* d'un branchement de conduite d'eau. Toutes ces précautions sont en plus de celles qui sont prévues par le règlement général pour la pose des conduites de vapeur sous le sol des rues.

MM. Loomis et Mac Cormick sont d'accord avec leur collègue au

sujet de ces précautions. Ils croient que les inconvénients qui ont été constatés tiennent à ce que les tuyaux de vapeur ont été jusqu'ici posés dans des enceintes non closes par le haut et conseillent de les placer à l'avenir dans des enceintes entièrement fermées.

Les nouveaux paquebots transatlantiques allemands. — Le 4 mai dernier, a été mis à l'eau, aux chantiers de la Société « Vulcan », à Bredow, près Stettin, un paquebot construit pour le compte de la Compagnie du Lloyd de l'Allemagne du Nord, et qui est, à certains égards, le plus grand transatlantique actuellement à flot. Il a reçu le nom de *Kaiser Wilhelm der Grosse*.

Les dimensions principales sont : longueur sur le pont, 197,50 *m*; longueur à la flottaison, 190,50 *m*; largeur, 20,10 *m*; creux sous le pont supérieur, 13,10 *m*; tirant d'eau maximum, 8,53 *m*. Le déplacement atteint dans ces conditions 20 500 *tx*.

On sait que le *Campania* et le *Lucania*, de la Compagnie Cunard, n'ont que 189,70 *m* de longueur, 19,90 *m* de largeur, 12,7 *m* de creux avec 7 de tirant d'eau, correspondant à un déplacement de 18 000 *tx*.

Il est vrai que l'*Oceanic*, en construction aux chantiers Harland et Wolff, à Belfast, pour le compte de la White Star Line, est encore plus grand que le *Kaiser Wilhelm der Grosse*, car il mesure 214,7 *m* de longueur totale, 211 *m* à la flottaison, 20,7 *m* de largeur et 15,2 *m* de creux, avec 8,20 *m* de tirant d'eau en pleine charge; ses deux hélices seront actionnées par des machines d'une puissance collective de 40 000 *ch*, dit-on. Mais comme il n'est pas encore à l'eau, nous sommes en droit de dire que le paquebot allemand est, à certains égards, le plus grand navire *à flot*. Il l'est certainement sous le rapport de la longueur, puisque le *Great Eastern* n'existe plus, mais il est dépassé sous le rapport du déplacement par le *Pennsylvania*, cargo-boat de la Compagnie Hambourgeoise-Américaine, construit l'année dernière par les chantiers Harland et Wolff, et qui a effectué son premier voyage au mois de mars de cette année. Le *Pennsylvania* n'a pas de dimensions énormes, mais comme c'est un bateau de charge n'ayant pas besoin de lignes très fines, ses dimensions correspondent à un volume relativement considérable; il ne déplace pas, en effet, moins de 23 500 *tx* au tirant d'eau de 9,15 *m*. Du reste, nous avons réuni dans le tableau ci-dessous, les principaux éléments de tous ces navires, en joignant ceux du *Great Eastern* à titre de comparaison.

	Longueur.	Largeur.	Creux.	Déplacement.	Puissance indiquée.	Vitesse aux essais.
	—	—	—	—	—	—
Great Eastern. .	207,50	22,50	17,70	31 000	6 000	14
Campania. . . .	189,70	19,90	12,70	18 000	30 000	22
Kaiser Wilhelm der Grosse. . .	197,90	20,10	13,10	20 500	28 000	?
Kaiser Friedrich.	182,70	19,50	12,50	17 000	?	?
Oceanic.	214,70	20,70	15,20	25 000	40 000	?
Pennsylvania . .	190,80	18,90	12,80	23 500	5 500	14,5

Bien que les dimensions du paquebot allemand soient supérieures à celles des bateaux Cunard, on espère réaliser une vitesse à peu près égale avec une puissance un peu moindre, grâce à une plus grande finesse des façons de la coque. Celle-ci est entièrement en acier ; elle est divisée en 22 compartiments par des cloisons étanches, dont 16 montent jusqu'au pont supérieur.

L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion dont chacune a quatre cylindres dont les diamètres respectifs sont 1,32, 2,28, 2,45 et 2,45 *m* avec 1,75 *m* de course. Nous rappellerons que les cylindres des paquebots Cunard ont respectivement les diamètres suivants : 0,940, 2,042, 2,489 et 2,489 *m* avec 1,753 *m* de course. Ils sont au nombre de cinq, car il y a deux cylindres à haute pression.

Si on compare pour les deux appareils les divers produits de d^2l on trouve que ces produits sont très peu différents. Nous les donnons ci-dessous :

	Kaiser Wilhelm	*Campania*
Cylindre à haute pression	3,049	3,098
— intermédiaire . .	9,097	7,310
— à basse pression .	21,000	21,737

Ces machines présentent quelques particularités de détail ; ainsi les cylindres sont montés chacun sur deux bâtis parallèles, un de chaque côté de l'axe des cylindres, au lieu du bâti unique à pieds fourchus qu'on emploie généralement. Les condenseurs sont séparés, avec pompes à air indépendantes ; il y en a deux, un de chaque côté des machines ; ils comprennent ensemble 11 060 tubes d'une longueur collective de 40 250 *m* donnant une surface totale de 3 304 m^2.

Les arbres à 4 coudes sont en quatre parties interchangeables de 3,490 *m* de longueur, ces arbres sont *assemblés*, ce que les Anglais appellent *built-up*. Le diamètre au corps est de 0,600 *m*, les boutons de manivelles ont 0,610 *m* de diamètre et 0,600 *m* de longueur, dans l'axe est un trou de 0,240 *m* de diamètre ; les bras des manivelles ont 0,400 *m* de largeur, celles-ci sont équilibrées par des contrepoids venus de forge. Les tronçons de l'arbre sont réunis par des plateaux également venus de forge de 1,04 *m* de diamètre et 0,16 *m* d'épaisseur portant 14 trous pour les boulons d'assemblage. Les axes des coudes, lesquels correspondent à ceux des cylindres, sont écartés de 3,10, 3,88 et 3,10 *m*. Le calage des manivelles est fait suivant la méthode connue en Allemagne sous le nom de calage de Schlick ; les angles successifs sont 100°, 100°, 100° et 60°. L'arbre complet pèse 83 300 *kg* ; il a été fait à l'usine Krupp en acier au nickel présentant une résistance à la rupture de 62 *kg* par millimètre carré avec 20 0/0 d'allongement.

Les hélices de 6,80 *m* de diamètre et 10 *m* de pas ont des ailes en bronze rapportées sur un moyeu en acier coulé, elles pèsent chacune 26 tonnes.

La vapeur sera fournie par 12 chaudières à double façade et 2 à simple, divisées en quatre groupes desservis chacune par une cheminée de 3,70 *m* de diamètre et 32,30 *m* de hauteur au-dessus des grilles. Chaque groupe de chaudières se trouve dans un compartiment séparé des autres

par des cloisons étanches, de manière à réduire les chances d'extinction des feux par suite de voie d'eau. Les soutes pourront contenir 4 500 *tx* de charbon. En outre des machines principales qui développeront environ 28 000 *ch* indiqués, le bateau contient 58 machines auxiliaires comprenant 124 cylindres à vapeur. Dans ce nombre figurent 12 pompes à vapeur pouvant épuiser ensemble 3 600 *t* d'eau à l'heure.

La mâture est formée de deux mâts à pible en tôle d'acier.

Ce bateau pourra prendre 400 passagers de 1re classe dans 200 cabines, 350 de 2e classe dans 100 cabines et 800 passagers de 3e classe logés dans l'entrepont, l'équipage comprendra 450 hommes.

La même Compagnie fait construire aux chantiers Schichau, à Dantzig, un paquebot de dimensions moindres, bien qu'encore très considérables, le *Kaiser Friedrich*.

La longueur est de 182,70 *m*, la largeur de 19,5 *m*, le creux de 12,5 *m* et le déplacement de 17 000 *tx*. Ce paquebot a deux hélices de 6,20 *m* de diamètre mues chacune par une machine à quadruple expansion à 5 cylindres. Les diamètres des cylindres sont 1,10, 1,63, 2,34, 2,37 et 2,37 *m*, la course est pour tous de 1,70 *m*.

Les rapports successifs de volume sont ainsi de 1,21, 2,66, 5,48 et 11,23. On voit qu'avec une introduction moyenne de la moitié de la course au cylindre à haute pression, on peut réaliser une expansion totale de 22,5 volumes qui pourrait être poussée à 30 avec une introduction un peu plus réduite.

Les cinq pistons agissent sur les trois coudes d'un arbre également fait en acier au nickel dans les usines Krupp. Le métal présente une résistance à la rupture de 62 *kg* avec 20 1/2 0/0 d'allongement. Cet arbre est en trois tronçons forgés chacun d'une seule pièce ; les trois coudes sont à 120° ; le diamètre est de 0,600 *m* et celui des boutons de manivelles de 0,610 *m*, dans l'axe est percé un trou de 0,240 *m* de diamètre ; la longueur des boutons de manivelles est de 0,740 *m* et l'épaisseur des bras de 0,38 *m* ; les tronçons sont assemblés par des plateaux venus de forge ayant 1,100 *m* de diamètre et 0,14 *m* d'épaisseur et percés de 9 trous pour recevoir les boulons d'assemblage. La longueur totale de l'arbre est de 12,95 *m* et son poids de 40 335 *kg*. Les hélices ont 6,20 *m* de diamètre.

Il n'est pas sans intérêt de donner ici quelques détails sur les établissements où sont construits ces navires remarquables. Les ateliers de la Société « Vulcan » ont été fondés en 1857, comme suite à un petit chantier établi en 1851, pour la construction des navires en fer. Leur objectif n'était pas uniquement la construction navale, car celle des locomotives y fut commencée en 1859 et, à l'heure qu'il est, 1 600 de ces machines en sont sorties. Ils construisirent, en 1869, le premier navire de guerre, la frégate cuirassée *Hansa*. Ils ont produit jusqu'ici 238 navires, dont 59 bâtiments de guerre, 130 navires de commerce à hélice et 49 à roues. Les plus grands navires sortis de ces chantiers sont les paquebots *Fürst Bismark*, *Friedrich der Grosse* et le *Kaiser Wilhelm der Grosse* dont nous avons parlé ci-dessus.

Les chantiers de F. Schichau, à Elbing et Dantzig, sont plus anciens ; ils ont été établis à Elbing en 1837 et ont débuté par la construction de

la première drague faite en Allemagne ; en 1855 ils ont construit le premier navire à hélice fait en Allemagne, le *Borussia*, et en 1877 le premier torpilleur de haute mer pour la marine russe. Le chantier de Dantzig a été créé en 1891.

Les établissements Schichau ont à l'heure qu'il est fourni 595 navires de mer et de rivière, 51 dragues, 917 locomotives dont 286 compound, 1 696 machines à vapeur fixes, 753 machines marines dont 422 à triple expansion. Ces machines représentent une puissance collective de 400 000 chevaux. Ils occupent 5 000 ouvriers.

John Haswell. — Le 8 juin dernier est mort à Vienne, à l'âge de 85 ans, un Ingénieur qui s'était acquis une haute réputation dans le domaine du matériel des chemins de fer et de la mécanique en général et qui avait, pour ainsi dire, créé en Autriche l'industrie de la construction des machines John Haswell.

Né en 1812 à Lancefield, près Glasgow, Haswell avait suivi les cours de l'Université de Glasgow et était entré à 22 ans dans les ateliers de W. Fairbairn, à Manchester, où l'on construisait à l'époque une variété infinie de machines. Il fut envoyé à Vienne pour monter des moteurs à vapeur. Une fois son travail achevé, on l'engagea à rester en Autriche où il ne cessa de résider depuis 1837 jusqu'à sa mort.

Haswell fut d'abord chargé de l'étude et de l'installation à Vienne des ateliers du chemin de fer de Glognitz dont il devint le directeur. Ces ateliers débutèrent en 1840 dans la fabrication des locomotives par la construction de quatre machines établies sur le modèle d'une locomotive américaine à bogie construite par Norris et importée des État-Unis l'année précédente. Il est intéressant de faire observer que les ateliers dirigés par Haswell précédèrent d'un an environ dans cette fabrication trois grands ateliers allemands, Borsig à Berlin, Maffei à Munich et Kessler à Carlsruhe (depuis à Esslingen), qui ne firent leurs premières locomotives qu'en 1841.

Les ateliers du chemin de fer de Vienne à Glognitz furent achetés en 1855 par la Société Autrichienne-Hongroise des Chemins de fer de l'État et considérablement agrandis. Haswell en conserva la direction et la garda jusqu'en 1882, époque à laquelle il prit sa retraite. De 1840 à 1855, il avait fait 291 locomotives et 2412 wagons. La millième locomotive date de 1870.

Les travaux remarquables faits par Haswell et les progrès réalisés par lui sont très nombreux. Il construisit en 1846 la première locomotive à 6 roues couplées faite en Autriche, en 1851 la locomotive *Vindobona*, une des machines du concours du Semmering, en 1855 la première locomotive à 8 roues couplées faite en Europe, la *Wien-Raab*, qui figura à l'Exposition universelle de 1855 à Paris et fut acquise par la Compagnie des Chemins de fer du Midi, en 1862 la locomotive *Duplex* à 4 cylindres agissant par paires sur des manivelles à 180° ; la même année la machine articulée *Steierdorf* qui fut exposée à Londres en 1862 avec la précédente et ensuite à Paris en 1867.

En 1873 à Vienne, Haswell exposait trois locomotives présentant toutes des particularités intéressantes et dont une était une locomotive

à 8 roues couplées pour voie étroite. On doit encore à Haswell la première application des foyers à ciel en berceau cylindrique aux locomotives, qui remonte à 1868 [1], la presse à forger dont il fit un premier exemplaire d'une puissance de 700 tonnes qui fut exposé à Londres et qui fut suivi par un second de la force de 1 200, la fabrication des roues trempées en coquille, divers progrès dans la construction des voitures et wagons de chemins de fer, etc. Haswell avait du reste vu ses travaux hautement appréciés et ils lui avaient valu honneurs de tout genre, fortune et réputation. En dehors de ses mérites comme Ingénieur, le défunt avait toutes les qualités de l'homme privé; il s'intéressait beaucoup au bien-être de ses ouvriers et s'occupait avec sollicitude des institutions de secours et de prévoyance qu'il avait établies dans ses ateliers.

(1) L'idée de l'emploi de cette forme avec ondulations paraît due à M. Maey, ancien Ingénieur en chef du Nord-Est Suisse et remonte à la même époque.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1897.

Rapport de M. Hirsch sur **l'Auto-indicateur** de la **Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest.**

Cet appareil, étudié par MM. Brillié, inspecteur du matériel et de la traction, et Dubois, ingénieur adjoint des études de la Compagnie, et construit par M. Digeon, a pour objet de permettre de relever avec exactitude autant de diagrammes que l'on veut et avec toute sécurité pour l'expérimentateur.

L'organe essentiel est un indicateur ordinaire, mais dont le papier, formé d'une longue bande, se déroule d'une manière continue; les fins de course se trouvent indiquées par un signal envoyé électriquement. Le papier se déroule avec une vitesse proportionnelle à celle du train et la commande est faite par un petit moteur à vapeur dont la distribution est donnée par le tiroir même de la machine expérimentée.

Il suffit pour mettre l'appareil en mouvement de tirer sur une cordelette. Les diagrammes sont relevés, non seulement sur le cylindre, mais aussi dans la boîte à vapeur et sur la conduite d'échappement.

Cet appareil très ingénieux et d'un usage très commode permettra d'élucider beaucoup de questions encore obscures concernant le travail de la vapeur dans les locomotives.

Le rapporteur a bien voulu rappeler que, dès 1876, nous avions présenté à l'Académie des Sciences un dispositif se rapprochant par certains points de celui qui fait l'objet du présent rapport.

Rapport de M. Risler sur les ouvrages de M. **Barillot.**

Il s'agit de quatre ouvrages destinés à l'enseignement de l'agriculture dans les écoles primaires rurales, dus à la plume de M. Barillot, professeur départemental d'agriculture à Auxerre.

Rapport de M. H. Fontaine sur les travaux de M. **Ad. Minet.**

Ces travaux se rapportent à l'électricité et à la fabrication de l'aluminium. M. Minet est le premier chimiste qui ait obtenu par le courant électrique de grandes quantités d'aluminium et doit être considéré comme un des promoteurs de l'industrie électro-métallurgique.

Rapport de M. H. Fontaine sur **la lampe à arc**, système **Suisse.**

Cette lampe, d'une grande simplicité, a son porte-charbon inférieur fixe et son porte-charbon supérieur susceptible de deux mouvements, un de recul pour donner naissance à l'arc, l'autre en sens inverse pour régler l'intensité lumineuse au fur et à mesure de l'usure des crayons. Ces deux mouvements sont produits par des électro-aimants dont l'un

est placé dans le circuit principal et l'autre dans un courant dérivé du premier. L'électro-aimant de recul agit en s'opposant à l'action de la pesanteur qui tend à faire descendre le porte-charbon supérieur. L'autre agit sur une roue à rochet avançant d'une dent à chaque oscillation du levier en relation avec l'armature, ce qui donne un réglage très précis.

Rapport de M. E. Gruner sur les travaux de M. **Garnault**, relatifs à l'**Histoire du Commerce de La Rochelle.**

Rapport de M. E. P. Bérard sur un travail de M. **W. Bishop**, relatif à **l'essai des huiles par oxydation.**

Ce procédé est basé sur une expérience de Chevreul, dans laquelle ce savant a constaté que l'huile de lin manganésée absorbe environ dix fois plus d'oxygène que la même huile à l'état de pureté.

M. Bishop emploie le résinate de manganèse, sorte de savon fait avec de la résine et de l'oxyde de manganèse. Il dissout le résinate dans l'huile à essayer, dans la proportion de 2 0/0, et ajoute 1 *g* de silice légère pour faciliter l'accès de l'air. La dessiccation de l'huile se fait alors plus ou moins rapidement et avec absorption d'une plus ou moins grande quantité d'oxygène, selon que l'huile est plus ou moins siccative. Ainsi, l'huile de lin, type des huiles siccatives, donne une absorption moyenne d'oxygène de 14 0/0 en vingt-quatre heures.

M. Bishop a appliqué avec succès ce mode d'essai à la comparaison des diverses huiles commerciales et à la reconnaissance des mélanges qui peuvent en être faits.

De la composition des argiles, par M. Georges Vogt.

Ce travail porte sur les argiles utilisées dans les arts céramiques. L'auteur étudie successivement les kaolins et les argiles et examine la composition de quelques unes de ces matières. Il tire de cet examen un certain nombre de conclusions sur les relations de la plasticité des argiles avec leur composition et principalement avec la dimension des minéraux qui les composent.

Application de l'électricité comme force motrice à l'agriculture, par M. Paul Renaud, élève à l'École de physique et de chimie industrielle de Paris.

Il y a déjà longtemps que MM. Félix et Chrétien ont fait avec succès à Sermaize une tentative pour appliquer l'électricité au labourage. Cette application a été reprise de divers côtés et l'auteur décrit un certain nombre d'applications. Une installation réellement pratique a été faite en France par M. Félix Prat, dans le département du Tarn. La force est empruntée à une turbine actionnant une dynamo dont le courant est distribué sur les divers points de la propriété par des conducteurs aériens en fils de cuivre câblés au nombre de quatre, dont deux de 1 800 *m* de longueur chacun et deux de 1 600 *m*. Ces conducteurs sont, partout où cela a été possible, portés sur des arbres (gros peupliers) pour économiser des poteaux et avoir des supports plus rigides.

La charrue est mue par un treuil à simple effet, lequel est actionné

par une dynamo ; il y a un câble d'aller de 250 *m* et un de retour de 550 *m*. On peut travailler à 450 *m* de distance de chaque côté de la ligne électrique, soit sur une moyenne de 800 *m* et sur une longueur de 1 800 *m*, ce qui correspond à une superficie de 144 *ha*.

Cette installation a coûté 12 600 francs, mais une partie de cette dépense s'applique à l'éclairage électrique.

L'auteur décrit aussi une installation faite par M. Vergnes, à Montlaur, dans l'Aveyron, pour fournir de l'éclairage et du travail applicable à l'irrigation, au labourage, au battage des grains, etc., et une autre qui a cela de particulier, qu'on s'est borné à appliquer l'électricité aux travaux intérieurs de la ferme qui appartient à l'Institut agronomique de Beauvais.

Le mémoire donne encore la description d'une roue flottante de construction américaine, d'une charrue électrique également américaine et d'une charrue pour labourage de vigne employée par M. Abel Pilon, à Ben-Sala, près Boufarick.

Recherches sur **la composition des blés et sur leur analyse**, par M. Aimé Girard. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Étude microchimique de quelques alliages, par John E. Stead, publiée dans le *Journal of the Chemical Industry*, extrait par M. H. Le Chatelier.

L'auteur signale, dans cette étude, un nouveau mode d'examen microscopique des métaux qui présente un certain intérêt. Il recommande, après avoir poli une surface, de courber l'échantillon par un procédé mécanique approprié, de façon à amener une certaine convexité de la surface polie. L'examen des fissures qui se produisent permet de reconnaître ceux des éléments constitutifs de l'alliage qui sont une cause de faiblesse du métal et de préciser leur mode d'intervention.

Recherches sur la coloration des verres par la pénétration directe des métaux ou des sels métalliques. Note de M. Léon Lemal. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

L'auteur a fait d'intéressantes expériences en vue d'arriver à faire pénétrer les métaux ou oxydes colorants dans le verre par un procédé analogue à celui de la cémentation. Ainsi, si on applique sur un verre un sel d'argent et qu'on élève la température vers 500 ou 550°, le verre, refroidi et débarrassé par un lavage de l'excès de sel, se trouve coloré en une nuance qui peut aller du jaune paille au jaune orangé rouge, suivant la composition du verre employé. La pénétration est d'autant plus profonde que la température est soutenue pendant un temps plus long.

Les dissolutions d'acétylène et leurs propriétés explosives, par MM. Berthelot et Vieille. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Cette note très importante étudie successivement les tensions de l'acétylène dissous, son aptitude à la détonation, l'aptitude à la détonation

de l'atmosphère saturée en contact avec les dissolutions d'acétylène et de la dissolution coexistante, la décomposition explosive des dissolutions d'acétylène, certaines conditions de propagation de la décomposition de l'acétylène pur, savoir la propagation dans de larges récipients, et la propagation dans les tubes métalliques.

Notes de mécanique. — Nous signalerons dans ces notes le basculage et le triage des charbons d'après une note de M. J. Rigg, à *l'Institution of Civil Engineers*, le transbordeur de lingots de Mac Clure, un changement de vitesse pour bicyclettes de Belanger, et le laminoir pour la fabrication des foyers ondulés système Fox.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er Trimestre de 1897. (Suite.)

Note sur **les barrages en maçonnerie,** par M. Léon Durand-Claye, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

Dans la théorie actuelle des barrages, on admet que ces barrages forment des massifs homogènes et monolithes avec lesquels les deux seules forces considérées sont la poussée de l'eau sur le mur et le poids des maçonneries. Or, l'une des hypothèses, l'homogénéité, n'est souvent pas réalisée d'une manière absolue, et il en résulte, avec le temps, des fissures qui font disparaître la seconde hypothèse, le monolithisme. Les fissures, en outre, de quelque cause qu'elles proviennent, si elles sont en communication avec l'amont, se trouvent pénétrées par l'eau qui y exerce une pression hydrostatique de même intensité que celle de la masse liquide qui l'y pousse. L'auteur entre ici dans d'intéressantes considérations sur des effets qui se produisent dans les fissures et qui tendent, si la cohésion est insuffisante, au renversement des blocs qui forment le parement, au cas où les fissures ne sont pas normales au parement d'amont. Ces considérations peuvent servir à compléter les explications qui ont été données de la rupture de certains barrages. En tout cas, il est urgent, dès qu'une fissure verticale se produit, de la faire disparaître, non par un bourrage inefficace, mais en rétablissant la continuité absolue du massif, dût-on vider le bassin et reconstruire une partie du mur.

Note sur **le niveau de la Méditerranée** par M. Zurcher, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Si on compare les indications des marégraphes enregistreurs qui existent dans les différents ports français de la Méditerranée, on serait amené, au premier abord, à conclure qu'il y a des différences constantes entre les niveaux de la mer dans ces divers ports. Comme ce fait parait

impossible, on devrait en conclure à l'imperfection du nivellement fait par voie de terre.

De nouvelles observations d'une grande précision seront nécessaires pour élucider la question.

Note sur l'emploi d'un caisson mobile pour la réparation des murs de quais du bassin Carnot du port de Calais, par M. Charguéraud, Ingénieur des ponts et chaussées.

La reconstruction du parement d'un mur de quai du bassin Carnot, à Calais, étant devenue nécessaire par suite de la décomposition du mortier, on exécuta ce travail au moyen d'un caisson mobile. Ce caisson est appliqué sur le mur dont il épouse la forme; il a 5,80 *m* de largeur et une hauteur totale de 8,80 *m* sur 2 *m* d'épaisseur; il pèse environ 30 *t*. Il repose par le bas sur les liernes de la fondation. L'étanchéité des parties en contact avec le mur s'obtient avec des paillots de chanvre et des saucissons bourrés d'étoupes. L'épuisement se fait avec un pulsomètre. Les ouvriers travaillent à l'air libre. Quand une partie du parement est achevée, on déplace latéralement le caisson.

Avec cet appareil on peut exécuter en une année environ 25 tranches de parement, la largeur moyenne de chaque tranche étant de 4,10 *m*; le mètre courant revient à 693 *f*, le mètre carré à 84,50 *f*, et le mètre cube de maçonnerie à 89,80 *f*.

Les dépenses de premier établissement de l'appareil se sont élevées à 30 000 *f* en nombre rond, sans compter les accessoires, bateaux, pompes, pulsomètre, etc., que le service possédait déjà.

Des fonctionnaires du contrôle des chemins de fer d'intérêt local et de leur désignation, par M. I.-H. Perreau, chargé de cours à la Faculté de droit d'Aix.

Cette étude présente un grand intérêt, car aucun texte ne désigne expressément les agents chargés du contrôle des chemins de fer d'intérêt local, et on n'est même pas d'accord sur le point de savoir quelles sont les autorités ayant le pouvoir de les désigner.

L'auteur est d'avis que l'autorité compétente pour désigner les agents du contrôle est le préfet, et qu'il ne lui est pas possible de charger de ce contrôle d'autres fonctionnaires que ceux des Ponts et Chaussées et des Mines, parce qu'autrement le contrôle des chemins de fer se trouverait divisé en deux parties confiées à des fonctionnaires différents. Il serait bien étonnant que le législateur eût voulu un système aussi complexe pour des lignes de faible importance.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1897.

District de Paris.

Séance du 12 avril 1897.

Communication de M. Levat sur **le Transsibérien et les mines d'or de la Sibérie Orientale.**

Cette communication devant être insérée dans le bulletin, il n'en est pas donné d'analyse dans ce procès-verbal.

Communication de M. F. Laur sur **l'Aluminium et les aluminates.**

Même observation que pour la précédente communication.

Communication de M. Gaupillat sur un **nouveau mode de Tirage des mines.**

Ce procédé est basé sur l'emploi d'une amorce électrique dite *Amorce à boules* basée sur le principe suivant : si deux sphères sont en contact par un point et que ces deux sphères communiquent avec les pôles d'une source d'électricité, la surface de contact sera assez petite pour que le courant, même d'une faible intensité, produise une élévation de température suffisante pour amener la combustion des sphères si celles-ci sont formées de matières explosibles.

En pratique, l'amorce à boules se compose d'un câble dont les extrémités des deux fils de cuivre ont été aplaties en forme de spatules, lesquelles sont plongées dans une composition fulminante humide de manière à donner deux petites boules qu'on rapproche au contact après les avoir séchées. Il suffit de 1/15e d'ampère pour amener la combustion des boules. Avec un accumulateur de la capacité d'un ampère-heure, on pourrait tirer plus de 500 000 coups de mine. L'accumulateur genre Planté est muni d'un dispositif particulier pour qu'on ne puisse en aucun cas disposer du courant pendant plus d'une fraction de seconde suffisante pour l'inflammation des amorces.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 5 juin 1897.

Visite de l'usine Holtzer, à Unieux.

Cette visite a eu lieu sous la conduite de notre collègue, M. Brustlein, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et Cie. Nous indiquons ci-après les objets les plus remarquables examinés dans cette visite.

Le hall des laminoirs contient un laminoir réversible conduit par une machine de 600 *ch;* ce laminoir pour grosses tôles et blindages a des

cylindres de 0,80 *m* de diamètre et 2,70 *m* de longueur, tournant à 60 tours ; on peut y laminer des plaques de 5 000 *kg*.

L'installation pour le chauffage et la trempe verticale des canons comporte un four formé d'une chaudière verticale de 13 *m* de hauteur, garnie à l'intérieur de briques réfractaires laissant un vide de 1 *m* de diamètre où on place la pièce à tremper, qui est chauffée par des chalumeaux à gaz soufflés à l'air chaud et distants verticalement de 0,40 *m*. Quand la pièce est assez chaude, une grue la retire du four et l'amène à l'aplomb du réservoir à tremper ; les manœuvres se font par l'eau sous pression.

Les laminoirs pour dimensions marchandes comprennent quatre trains ; ils sont actionnés par trois machines à vapeur, l'une de 200 *ch*, une seconde de 100 *ch* et la dernière de 80 *ch;* les fours, au nombre de cinq, chauffent par leurs flammes perdues des chaudières verticales.

Nous mentionnerons neuf fours à puddler chauffant également les chaudières verticales avec deux pilons de cinglage de 1 800 *kg*, et un laminoir conduit par une machine de 80 *ch;* dans les grosses forges, trois pilons de 4 1/2 à 15 *t*, l'atelier de gros outillage où on remarque une machine à raboter et fraiser de 14 *m* de course et 3,10 *m* d'ouverture entre les montants provenant des ateliers de MM. Bietrix et Nicolet, un tour de 12,50 *m* de longueur entre pointes, un marbre de 6 × 3 *m* pour traçage et vérification de pièces de grande dimension.

L'atelier de la presse contient une presse à forger de 2 000 *t* dont l'eau est refoulée par une machine à deux cylindres à angle droit commandant des pompes à plongeurs de 120 *mm* de diamètre et 300 de course marchant à 200 tours.

Cet atelier est desservi par deux grues à vapeur, une de 45 *t*, l'autre de 10.

La halle de moulage d'acier a 85 × 22 *m* ; elle est desservie par un pont roulant de 25 *t* et par une grue hydraulique de 6 *m* de volée. L'acier est fondu dans un four Martin de 10 à 11 *t*, disposé pour travailler tantôt en acide, tantôt en basique.

Il faudrait encore citer bien des parties intéressantes de l'usine, par exemple la fonderie au creuset contenant 8 fours de 32 creusets chauffés au gaz et contenant chacun 29 *kg*, le ressuage des lingots, la fabrication des creusets, l'atelier du petit outillage, les fours à cémenter, au nombre de douze, les vieux martinets, ainsi que des roues hydrauliques portant sur leur arbre les cames de soulèvement et qui servent encore comme autrefois à l'étirage des aciers corroyés et des aciers fondus pour outils, etc.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

N° 27. — *3 juillet 1897.*

Drague marine avec chaine à godets et pompe à sable construite par A.-F. Smulders.

Moteurs et accessoires pour la commande électrique des appareils de levage, par F. Niethammer.

Recherches sur le pouvoir calorifique des combustibles, par L.-C. Wolff.

Recherches sur la résistance due au frottement dans les assemblages par rivets (*fin*).

Groupe de Francfort — Enseignement des mathématiques dans les écoles techniques supérieures.

Groupe de Cologne. — Le câble.

Bibliographie. — Analyse quantitative par voie d'électrolyse, par A. Classen.

Manuel de technologie mécanique et métallurgique, par Ledebur.

Variété. — Notice nécrologique sur Otto, H. Muellersen.

N° 28. — *10 juillet 1897.*

Moteur thermique rationnel de Diesel, par R. Diesel.

Nouvelles installations de turbines par la fabrique de machines J.-M. Wolth, à Heidenheim-sur-Brenz, par A. Pfarr.

Les machines de l'industrie textile à l'Exposition industrielle Saxonne-Thuringienne, à Leipzig, en 1897, par G. Rohn.

Fabrication de l'acide carbonique liquide, par O. Guth.

Question de la durée des études pour les ingénieurs-mécaniciens.

L'industrie du ciment de Portland en Allemagne et en Angleterre.

Groupe de Hanovre. — Chaudières avec émulseur Dubiau.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 14634-7-97. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1897

N° 8.

Mémoires contenus dans le bulletin d'Août 1897 :

1° *Le problème général de la navigation aérienne*, par M. Rodolphe Soreau, page 119;

2° *Gisements de phosphate de chaux dans les départements de Constantine et d'Alger*, par M. L. Chateau, page 193;

3° *Chronique*, n° 212, par M. A. Mallet, page 311;

4° *Comptes Rendus*, — page 323;

5° *Planches*, n°s 195 et 196.

LE PROBLÈME GÉNÉRAL

DE LA

NAVIGATION AÉRIENNE

PAR

M. Rodolphe SOREAU

AVANT-PROPOS

Au début de cette communication sur le problème de la navigation aérienne, permettez-moi, Messieurs, de vous remercier du bienveillant accueil que vous avez fait à mon Mémoire sur les ballons dirigeables, et du prix que vous lui avez attribué. Il m'est agréable d'y voir moins la récompense personnelle qu'un encouragement général et particulièrement éclairé à l'étude de ces intéressantes questions, trop longtemps délaissées par les Ingénieurs, et qui, cependant, ont si grand besoin de leur concours.

L'Aéronautique n'a pas eu de pires ennemis que la plupart de ceux-là mêmes qui s'en sont occupés. C'est qu'en général les chercheurs de ballons dirigeables ou d'appareils volants s'appliquaient moins à déterminer dans quelles limites et par quels moyens pratiques le problème est possible qu'à entretenir les espérances véritablement chimériques que fit éclore l'immortelle découverte des Montgolfier. Leurs insuccès répétés lassèrent : aussi, par une réaction logique mais injuste, on en vint à envelopper dans le même discrédit et la navigation aérienne et ceux qui s'y adonnaient. L'époque n'est pas éloignée où la science officielle condamnait de semblables recherches : beaucoup d'entre nous ont été nourris de ces idées fausses, dont nous avons quelque peine à nous débarrasser aujourd'hui. Toutefois, il faut constater que cette défaveur se dissipe peu à peu ; les navires aériens s'imposent de plus en plus à l'attention des hommes de science ; et des esprits distingués, — parmi lesquels je citerai le commandant Renard en France, Maxim en Angleterre, Langley en Amérique, — ne dédaignent point de s'appliquer obstinément à leur réalisation.

L'heure est donc propice pour examiner de près ces délicates questions, pour essayer de dégager leurs véritables principes, pour établir des critériums qui nous permettent, dans les projets que chaque année voit paraître, de distinguer rapidement le bon grain de l'ivraie. Bien qu'une telle étude, — je tiens à le dire dès maintenant, — conduise nettement à assigner au navire aérien, quel qu'il soit, des vitesses modérées et des poids utiles très faibles, elle vaut la peine d'être faite ici : elle montre en effet qu'il appartient à l'Ingénieur de résoudre les difficultés qu'elle révèle. Et d'ailleurs, à un autre point de vue, si la locomotion aérienne, en dehors de l'intérêt supérieur qu'elle présente pour la défense nationale, permet de mener à bien certains grands travaux pacifiques, par exemple l'exploration de contrées presque inaccessibles par d'autres moyens, n'est-ce pas un motif largement suffisant pour justifier les efforts de ceux qui travaillent à cette nouvelle conquête de l'homme, et pour provoquer en nous le désir de connaître une question très grosse de résultats ?

Les trois solutions du problème.

Messieurs, le problème de la navigation aérienne comporte trois solutions théoriques :

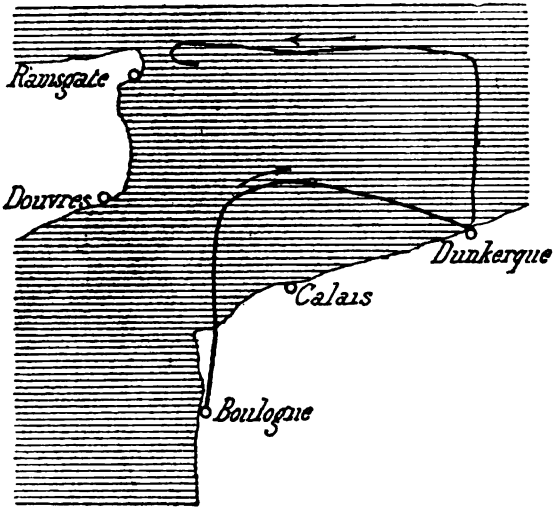
Utilisation des courants aériens.

La première consiste dans l'utilisation des courants aériens à l'aide des aérostats. A défaut d'autres observations, il suffit d'avoir regardé les nuages pour savoir que le vent peut varier de grandeur et de direction avec l'altitude. C'est ainsi que M. Flammarion a rencontré jusqu'à cinq courants depuis le sol jusqu'à 2 000 *m*. Cette présence de plusieurs courants dans l'atmosphère a été parfois d'un grand secours aux aéronautes. Je me contenterai de rappeler l'ascension de MM. Duruof et Gaston Tissandier en 1868, et celle de Lhoste en 1883. La figure 1 montre les crochets de ce voyage mémorable, où le ballon parvint à atteindre le but désiré, c'est-à-dire la côte anglaise, après un séjour de dix-huit heures au-dessus des flots.

Mais de pareilles manœuvres, toujours délicates, donneront le plus souvent des résultats presque nuls. Tantôt un courant unique règne dans une grande étendue; tantôt, — et c'est le cas le plus

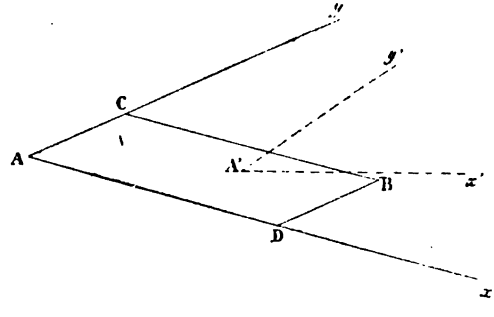
fréquent, — les courants que rencontrera l'aéronaute divergeront fort peu. Ce fait est logique : en effet, la saine pratique de l'Aérostation exige qu'on évite les variations d'altitude, afin de ménager le gaz et le lest; dans ces conditions, le ballon a peu de

Fig. 1.



chances de trouver des courants de directions nettement différentes. Pour utiliser cependant les courants aériens sans avoir recours à de nombreuses manœuvres de soupape ou de lest, on pourrait emporter des ballonnets-pilotes, destinés à fouiller l'atmosphère; ces ballonnets, plus ou moins lestés, seraient lâchés de temps à autre, alternativement au-dessus et au-dessous de la nacelle.

Fig. 2.



Il est bien évident (*fig. 2*) qu'un ballon ne peut aller d'un point A du sol à un autre point B que si B se trouve dans l'angle xAy que forment les plus divergents des courants accessibles qui s'étagent au-dessus de A; et, dans ce cas, il se peut qu'au moment où le ballon arrive en un point A′ les courants primitifs aient tourné, de telle sorte que le nouvel angle $x'A'y'$ ne comprenne plus le point B; dès lors l'atterrissage en ce point

n'est plus possible. On s'explique, dans ces conditions, l'échec de MM. Tissandier lorsqu'ils essayèrent, en 1870, de mettre Paris assiégé au courant des événements qui se déroulaient en province et des résolutions que prenait la Délégation de Tours.

Ainsi donc, à quelque habileté que parviennent les aéronautes, ils ne sauraient prétendre résoudre d'une manière satisfaisante le problème de la navigation aérienne par la seule utilisation des courants. Au reste, ceux-ci obéissent à des lois qui dépendent d'un si grand nombre de facteurs essentiels que cette utilisation sera toujours très précaire.

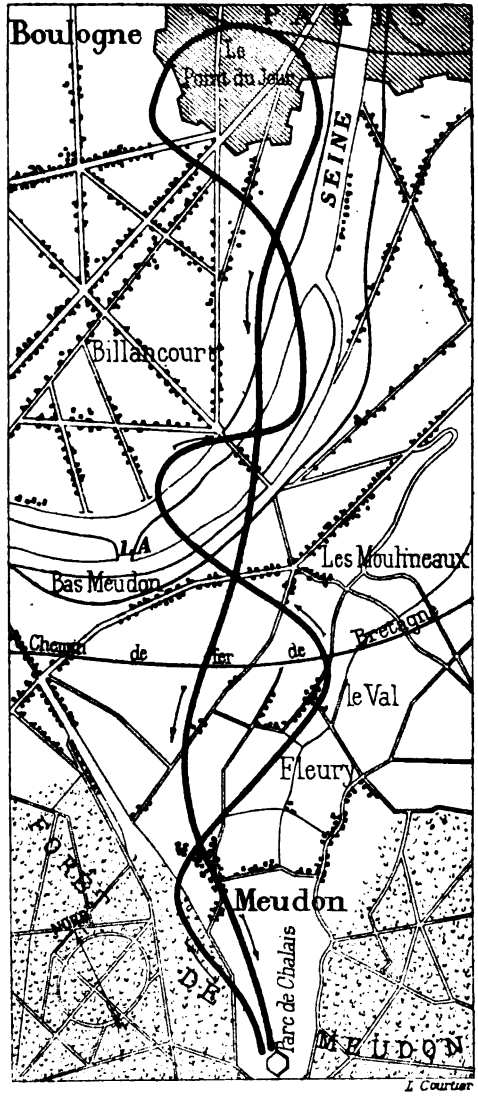
Direction des ballons.

La deuxième solution consiste à diriger l'aérostat. Je l'ai assez longuement étudiée dans ma précédente communication pour ne pas y revenir ici, quoiqu'il y ait encore beaucoup à dire sur cet intéressant sujet. Comme théorie, je me bornerai à vous rappeler les principes posés par MM. Renard et Krebs, principes qui se trouvaient en partie dans la Note magistrale que Dupuy de Lôme adressait à l'Académie des Sciences il y a vingt-cinq ans : légèreté du moteur; allongement, gonflement complet et permanent du ballon proprement dit; rigidité du système formé par le ballon, le filet et la nacelle ; forme dissymétrique de l'aérostat, la proue étant formée par le bout gros et court (cette dernière condition a surtout pour but de contribuer à la stabilité de route). Comme résultats, je me contenterai de remettre sous vos yeux *(fig. 3)* le parcours effectué par le ballon *la France* dans sa belle sortie du 23 septembre 1885, à la vitesse propre de plus de 23 *km* à l'heure. Parti de Châlais, le dirigeable s'avança jusqu'à Paris, glissant dans les airs, vent debout, comme ferait un vapeur sur la surface tranquille d'un lac, et décrivant une courbe élégante et sinueuse dont les inflexions régulières prouvent, d'une manière frappante, la stabilité du système et la sûreté de la manœuvre ; puis il vira au-dessus du Point du Jour et revint en ligne droite à son point de départ. La durée de ce voyage ne dépassa pas une heure.

Assurément, les résultats obtenus à Chalais sont un peu mièvres ; il faudrait, pour que le dirigeable devînt un navire susceptible d'applications intéressantes et sûres, doubler sa vitesse de marche et porter à une demi-journée au moins la durée du trajet. Il n'en est pas moins vrai, et j'insiste sur ce point, que le problème est *nettement*, quoique imparfaitement résolu. Le ballon de MM. Renard et Krebs pouvait se déplacer, par rapport à l'air ambiant,

dans une direction absolument quelconque, nord ou sud, est ou ouest, avec une vitesse de 6,50 *m* par seconde. Ce résultat est masqué aux yeux du public par ce fait que le parcours attribué à un navire aérien, quel qu'il soit, n'est pas son parcours réel, c'est-à-dire celui qu'il effectue dans le milieu où il se déplace; nous ne considérons que le trajet par rapport à la terre, ce qui est bien naturel puisque c'est à la terre que nous rattachent nos besoins, c'est sur le sol que se trouvent le point initial et le point terminus du voyage. Il en résulte, comme on peut s'en rendre compte par un tracé géométrique facile, que si la vitesse propre du navire est inférieure à celle du milieu, ce navire, en chaque point de son parcours, ne peut évoluer que dans un secteur déterminé, dit secteur maniable. Or, d'après les tables de probabilité établies pour nos régions, la vitesse du vent n'est inférieure à 6,50 *m* qu'une fois sur deux. Avec la vitesse de 13 *m*, la dirigeabilité absolue s'obtiendrait huit fois sur dix : il suffirait alors de ne pas partir lorsqu'une tempête est à craindre — ce qu'il est souvent aisé de prévoir, — pour que la probabilité de se diriger devînt une quasi-certitude.

Fig. 3.



La solution par le ballon dirigeable est souvent appelée le moins lourd que l'air quoique, en bonne logique, on doive dire l'aussi lourd que l'air. La troisième et dernière solution est celle du plus lourd que l'air, ou Aviation. C'est à l'étude de ses principes essentiels qu'est plus spécialement consacré ce mémoire.

Vous n'ignorez pas, tant leurs querelles ont été bruyantes, que les partisans du moins lourd et les partisans du plus lourd que l'air se sont montrés d'irréconciliables ennemis. Nadar, qui fut sinon un aviateur, du moins un des plus fougueux apôtres de l'Aviation, disait à la suite des expériences de Chalais : « Si mes yeux voyaient jamais ce ballon remonter le vent, je leur crierais : Vous avez mal vu ! », paroles graves dans la bouche d'un homme habitué, par profession, au respect de l'oculaire.

J'invoquais tout à l'heure l'autorité du commandant Renard, de Maxim et de Langley. Or, tandis que le savant directeur de Chalais a cherché dans le moins lourd que l'air la solution du problème qui nous occupe (1), c'est au plus lourd que se sont adressés MM. Langley et Maxim. Dans notre pays où, plus que partout ailleurs, il est si difficile d'être prophète, on n'a pas manqué d'en tirer argument contre les ballons dirigeables. La prédilection de l'étranger pour la seconde solution est certaine : elle s'est affirmée notamment en Amérique, au Congrès des Ingénieurs civils tenu à l'Exposition de Chicago. Dans le discours d'ouverture de la section d'Aéronautique, notre éminent Collègue M. Chanute, Président du Congrès, a fort peu parlé du moins lourd que l'air, et je dois d'autant plus le remercier d'avoir bien voulu citer mon mémoire sur cette partie du problème, en disant « qu'il renferme les dernières études importantes sur la question. » Pour lui, les dirigeables peuvent rendre des services à la guerre ou dans les voyages d'explorations, mais leurs équipages seront toujours trop réduits et leur vitesse trop modérée pour qu'on soit en droit de considérer cette solution « comme un succès industriel, capable de produire un grand revenu aux inventeurs. » Le grand revenu, M. Chanute pense-t-il donc qu'il soit possible de l'obtenir avec l'Aviation ?

J'établirai que, malheureusement, les espérances positives de notre collègue américain ne sont pas fondées. En réalité, la doctrine qu'il faut proclamer est à la fois éclectique et modeste :

(1) Il convient toutefois de rappeler ici, pour mémoire, que les premiers essais de navigation aérienne de M. Renard ont été faits avec un appareil plus lourd que l'air.

d'une part elle montre que le moins lourd et le plus lourd que l'air ne sont pas exclusifs l'un de l'autre, mais correspondent à des phases différentes de l'état industriel; d'autre part elle fait voir que l'aéroplane, tout comme le dirigeable, aura un poids utile très limité. C'est ce qu'il importe de faire pressentir dès maintenant.

La vitesse propre du ballon de 1885 atteignait 6,50 *m*. A l'heure actuelle, il est possible de construire un dirigeable marchant à 10 *m*, et, selon toute vraisemblance, notre établissement d'aérostation militaire possède un nouveau navire qui atteindrait ce résultat. Quoique la vitesse ne puisse progresser qu'assez lentement, puisque pour la doubler on doit, toutes choses égales d'ailleurs, rendre le moteur huit fois plus léger, un jour viendra où la connaissance des lois de l'écoulement des fluides, l'étude rationnelle des propulseurs, les progrès de la métallurgie et peut-être la mise en œuvre de procédés nouveaux pour transformer en travail l'énergie latente des combustibles permettront, par la diminution de la résistance à l'avancement pour la vitesse unité, par la meilleure utilisation du propulseur et par l'allégement du moteur, d'augmenter sensiblement la vitesse et aussi la durée du trajet. Or, qu'arrivera-t-il à mesure que croîtra la vitesse? Pour faire équilibre à la pression exercée à l'avant du ballon et maintenir celui-ci constamment gonflé, — condition que nous savons nécessaire, — il faudra augmenter progressivement la pression de l'hydrogène et donner à l'étoffe une résistance de plus en plus forte. Il en résulte qu'à une vitesse déterminée, 20 *m* par exemple, le ballon deviendra trop pesant. Alors la solution par le moins lourd que l'air s'éliminera d'elle-même.

Mais la résistance produite par les grandes vitesses peut donner lieu, si le ballon est convenablement disposé, à des réactions verticales de bas en haut, c'est-à-dire à des forces sustentatrices capables de suppléer à l'insuffisance de plus en plus marquée de la force ascensionnelle. Lorsque celle-ci deviendra insignifiante, il y aura lieu de substituer au ballon une surface de forme et de dimensions convenables : ainsi, à premier examen, l'aéroplane se présente comme la suite naturelle du ballon dirigeable.

Par conséquent, bien que la sécurité qu'ils offrent aux passagers ne puisse être comparée, dirigeable et aéroplane sont *a priori* susceptibles l'un et l'autre de résoudre le problème; et le second, considéré en quelque sorte comme le prolongement du premier, ne paraît pas apte à transporter des charges notablement supérieures. Ces conclusions se préciseront dans l'étude qui va suivre.

PREMIÈRE PARTIE

LE VOL DES OISEAUX

Ces préliminaires posés, je devrais peut-être aborder immédiatement l'étude du navire aérien plus lourd que l'air. Mais il est de tradition de considérer le vol des oiseaux comme la préface obligée de tout travail sur l'Aviation, sans doute dans le secret espoir d'arriver, par l'imitation de la nature — cependant réputée inimitable — à la solution si longtemps poursuivie. Je ne me déroberai pas à cette tradition : aussi bien le vol des oiseaux est, en lui-même, d'un très grand intérêt. Mais tout autre sera mon but : et si je vous démontre qu'il convient de suivre le principe fondamental du vol, à savoir « se soutenir en se propulsant », par contre je conclurai que les procédés auxquels la nature était tenue d'avoir recours ne sauraient convenir au navire aérien.

Les oiseaux emploient, suivant leur conformation, leurs besoins, ou simplement suivant les circonstances, trois modes de vol distincts : le vol ramé, le vol plané et le vol à voile.

I. — Vol ramé.

Le vol ramé est le plus fréquent pour les espèces de nos climats : c'est, par exemple, celui du pigeon, qui est même un rameur excessif.

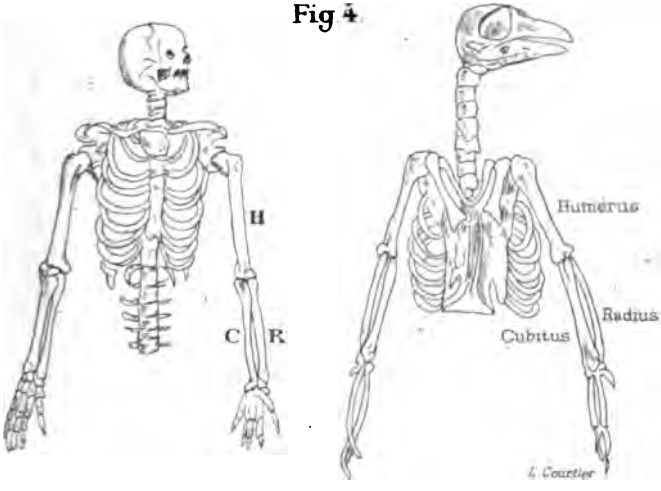
Description sommaire de l'aile.

Pour bien comprendre le mécanisme de ce vol, il serait bon d'avoir quelques notions sur l'anatomie de l'oiseau, et plus spécialement de son aile. Je me bornerai ici à une description sommaire, et suis obligé de renvoyer pour plus de détails aux travaux de Vicq d'Azyr, Marey, Drs Legal et Reichel, Drs Robin et Chabry, etc.

Il suffit de comparer le squelette de l'oiseau et celui d'un autre vertébré, l'homme par exemple *(fig. 4)*, pour constater entre

eux une frappante analogie. En particulier les pièces osseuses de l'aile sont les mêmes que celles du bras, et le jeu de leurs articulations est identique. Toutefois, tandis que les os des autres espèces sont remplis d'une substance huileuse qui en augmente beaucoup le poids, les os de l'aile sont creux et remplis d'air, grâce à une cavité qui met la tête de l'humérus en communication avec l'appareil respiratoire. Cette importante singularité, rapprochée de la température élevée du corps, avait donné à quelques esprits inventifs l'idée étrange de considérer l'oiseau

Fig 4



comme une montgolfière animée. Il ne faut y voir qu'un nouvel exemple de la prestigieuse adaptation des organes à leur destination. La nature a voulu faire une aile à la fois forte et légère ; elle a voulu aussi, à mon avis, alléger la partie supérieure du corps afin d'augmenter la stabilité pendant le vol, en mettant le centre de gravité le plus bas possible au-dessous du centre de poussée : cette opinion semble confirmée par ce fait que les os de la tête présentent les mêmes particularités.

Le bras et l'avant-bras sont recouverts de deux membranes qui comblent les angles du coude et de l'épaule, et font de l'aile un véritable voile que tendent des ligaments en forme de bandelettes ; au repos, l'effet de ces ligaments est de replier l'aile, qui ne peut rester étendue que par un effort musculaire.

Os et membranes de l'appareil locomoteur sont commandés par des muscles singulièrement développés. Ce n'est pas, comme on le croit d'ordinaire, que ceux-ci aient une qualité exception-

nelle : les physiologistes ont montré qu'à ce point de vue l'oiseau est inférieur à beaucoup de vertébrés. Mais les muscles ont une puissance d'autant plus marquée qu'ils contiennent un plus grand nombre de fibres contractiles, et par conséquent qu'ils sont plus lourds : or ceux de l'oiseau forment le dixième environ de son poids total. Le grand pectoral, qui produit l'abaissée de l'aile, a de beaucoup le développement le plus considérable, ce qui prouve la nécessité d'une abaissée énergique, tout au moins dans certains actes indispensables du vol, l'essor par exemple.

Les plumes complètent, en l'agrandissant, le voile formé par les membranes. Les grandes plumes, ou rémiges, sont les plus intéressantes. Elles sont commandées par des ligaments élastiques assez complexes, dont nous nous bornerons à indiquer plus loin les effets. Quant aux rémiges de la queue, elles sont imbriquées et commandées par des ligaments analogues, de façon à s'étaler ou à se fermer comme un éventail.

Tels sont, rapidement décrits, les organes essentiels à l'étude du vol. Un examen plus minutieux de ces organes, de leur jeu et de leur influence serait très intéressant, mais sortirait du cadre de cette communication.

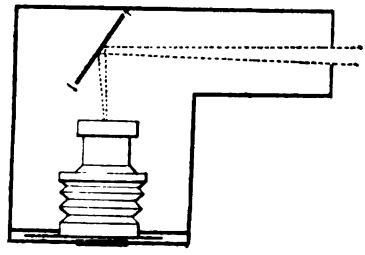
Analyse, par la photochronographie, des battements de l'aile a l'essor.

Les phases du vol ramé ne sont à peu près connues que depuis les récents travaux d'un physiologiste éminent, M. Marey, membre de l'Institut, qui a pu, grâce à de puissantes méthodes d'observation, suivre dans ses détails le mécanisme assez compliqué du coup d'aile.

La plus féconde de ces méthodes a été la photochronographie, c'est-à-dire la photographie avec prise extrêmement rapide de plusieurs clichés et inscription simultanée du temps. La disposition caractéristique du photochronographe consiste à faire tourner, entre l'oiseau et la plaque sensible, un disque opaque percé de fenêtres également espacées et allongées dans le sens des rayons. Vous voyez donc que M. Marey a été le précurseur de la cinématographie. Dans ses recherches sur le vol, il a pris jusqu'à 50 images par seconde, avec un temps de pose de huit millièmes de seconde; l'éclairement doit être très grand et exige des dispositions spéciales; il faut choisir de préférence un oiseau blanc qui vole devant un fond obscur.

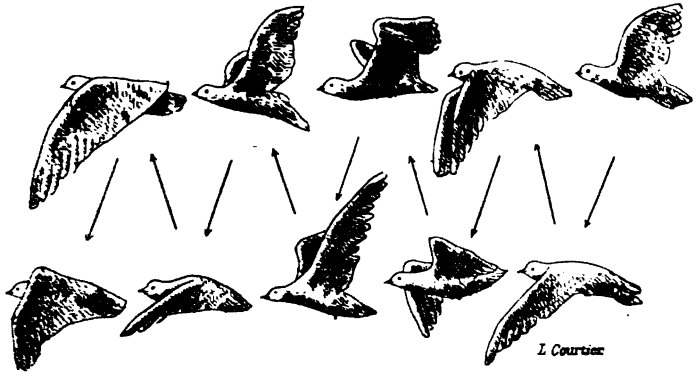
On conçoit que si l'on se contentait, pour obtenir des images nombreuses, d'augmenter la vitesse du disque et le nombre des fenêtres, ces images se superposeraient en partie, et qu'il en résulterait une inextricable confusion. M. Marey est parvenu à les dissocier par différents moyens; un des plus simples consiste à substituer à la chambre obscure ordinaire une chambre dans laquelle les rayons émanés de l'oiseau, avant de traverser l'objectif, se réfléchissent sur un miroir tournant mû par un mouvement d'horlogerie *(fig. 5)*. C'est ainsi que le cliché représenté par la figure 6 donne sur deux lignes l'attitude d'un goéland dans un seul coup d'aile, c'est-à-dire entre deux abaissées consécutives.

Fig. 5



En prenant simultanément trois séries d'épreuves sur des plans orthogonaux, Marey a réussi à reconstituer par des figurines les différentes poses de l'oiseau dans l'espace. Telle fut la méthode qu'il employa pour obtenir les pièces en relief déposées aux collections de la Station physiologique du Collège de France. L'éminent professeur a bien voulu me permettre d'apporter à notre Société plusieurs collections en bronze. La figure 7 reproduit une de ces collections; elle donne diverses poses d'un pigeon dans un même coup d'aile.

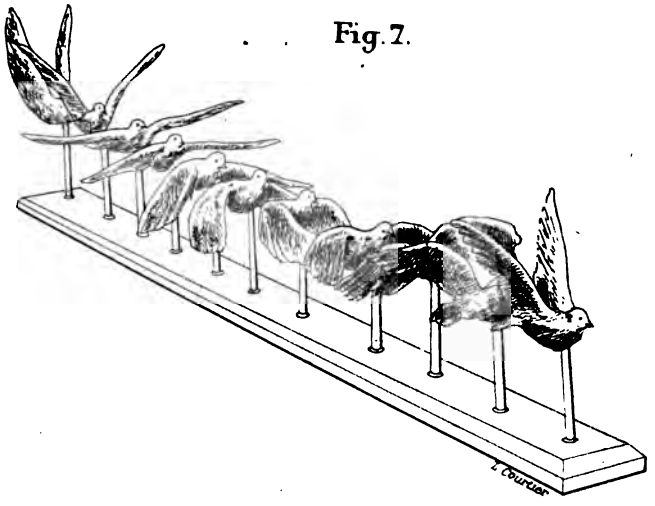
Fig. 6.



Ces méthodes ont permis de mettre en lumière les attitudes de l'oiseau, qui se classent en deux catégories suivant qu'on consi-

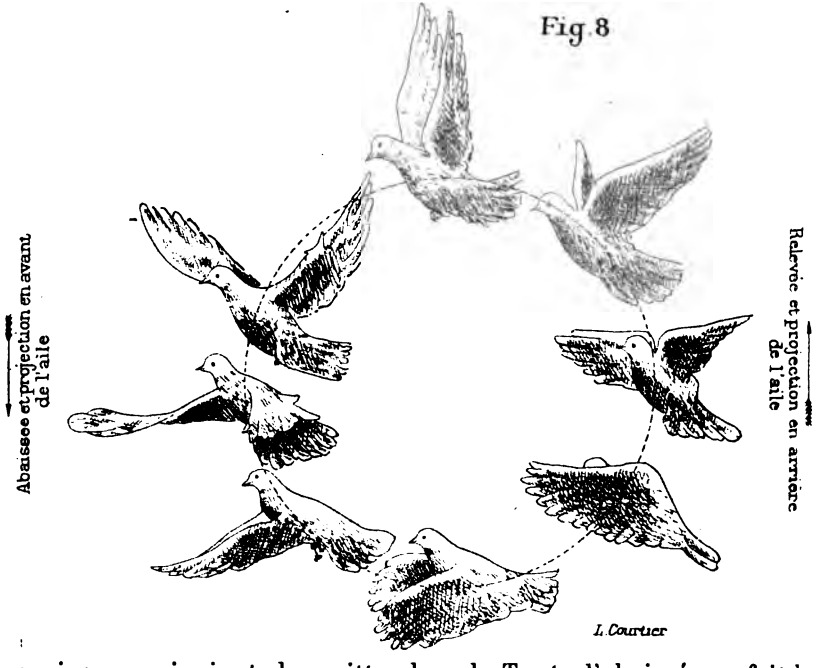
dère les positions relatives des ailes et du corps, ou la position générale de l'oiseau sur la trajectoire qu'il suit :

Fig. 7.



1° Le cycle 8 donne schématiquement, entre deux abaissées consécutives, les attitudes relatives des ailes et du corps pour

Fig. 8



un pigeon qui vient de quitter le sol. Toute l'abaissée se fait la voilure largement déployée. Au début, les ailes, d'abord verticales,

descendent énergiquement à droite et à gauche et se portent en avant. Les rémiges de la main et celles de la queue s'étalent pour augmenter la surface sustentatrice tandis que, sous l'action des ligaments dont j'ai parlé, celles de l'avant bras se placent perpendiculairement au cubitus, et s'appuient fortement les unes sur les autres : la voilure est alors large et résistante. Elle a du reste besoin d'être forte, car la réaction de l'air est bientôt assez violente pour provoquer sa torsion, qui est très visible lorsque les ailes traversent le plan horizontal passant par la tête de l'humérus. Quand elles ont franchi ce plan, la torsion diminue, soit que leur vitesse ralentisse, soit que les filets d'air suivent plus docilement la route qui leur est imposée. Les ailes, toujours étendues, continuent à se rapprocher et à se porter en avant : on voit donc que, si la surface de sustentation diminue, sa concavité, nettement dessinée par les ailes, le ventre et la queue de l'oiseau, s'accentue de plus en plus, ce qui compense la diminution de surface. Avec certains rameurs il arrive qu'à l'essor les ailes se rapprochent jusqu'au contact.

La remontée se fait de façon que les rémiges cubitales et palmaires évitent de frapper l'air par leur face supérieure. Dès qu'elle commence, la main se replie par un mouvement d'avant en arrière. Sous la traction qui en résulte, les rémiges palmaires, étalées pendant la phase précédente, se rapprochent jusqu'à ce que leurs tuyaux se touchent; la région carpienne forme alors un angle obtus nettement marqué sur l'une des figures 8. L'articulation du coude est également fermée et les rémiges cubitales se couchent sur l'avant-bras : l'oiseau est alors encapuchonné. Après le reploiement général de l'aile celle-ci se relève : la rotation des rémiges cubitales, commencée dans la phase précédente grâce à la traction que le reploiement de la main exerce sur les ligaments élastiques, s'accentue et place franchement les plumes en lames de persiennes. Puis les articulations du poignet et du coude, fléchies jusque-là, s'étendent peu à peu, les lames de persiennes se rapprochent, et les ailes reviennent à leur position initiale, se relevant parfois jusqu'à se frapper. C'est alors que se produit le choc que Virgile a comparé au bruit des applaudissements :

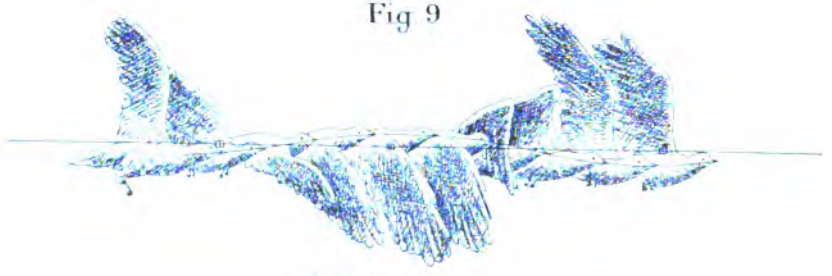
...plausum exterrita pennis
Dat tecto ingentem...

Dans les mouvements que nous venons d'analyser, un point de l'aile décrit une sorte d'ovale par rapport au corps de l'oiseau. La figure donnée plus loin *(fig. 12)* représente la trajectoire du

petit bouquet de plumes que la buse porte au pouce de la main ; de plus elle indique l'orientation générale du fouet de l'aile.

2° Indiquons maintenant les attitudes de l'oiseau sur la trajectoire qu'il suit. Prenons, par exemple, le cas du vol horizontal en ligne droite. Marey détermina approximativement le centre de gravité de l'oiseau et put constater que la trajectoire de ce point est sensiblement rectiligne. On conçoit, *à priori*, que, si les ailes sont relevées, le corps doit être au-dessous de l'horizontale décrite par le centre de gravité, au-dessus quand elles sont abaissées. On conçoit également que pendant l'abaissée, où les ailes se portent en avant, le corps s'incline de façon à relever la tête, et qu'il ait une inclinaison inverse pendant la remontée des ailes.

Fig 9



C'est ce que montre la figure 9, qui reproduit une des photographies obtenues ; sur cette figure, la trajectoire de l'œil permet de se rendre compte de la direction générale du corps.

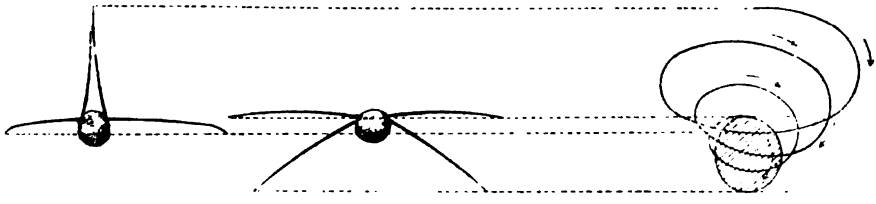
Analyse des battements de l'aile en plein vol.

Il convient de remarquer que les observations de Marey ont été faites à une période du vol voisine de l'essor. Cette remarque est essentielle ; elle n'enlève rien à la valeur de ces observations, mais elle montre la nécessité de rechercher quelles modifications la vitesse de l'oiseau apporte aux battements. C'est là une question très importante, dont on ne s'est pas suffisamment préoccupé jusqu'ici.

On n'a pas encore réussi à obtenir des clichés photochronographiques pour le plein vol. De semblables expériences exigeraient un matériel spécial très délicat, et du reste la mise en lumière des phénomènes serait moins nette, car les battements sont alors beaucoup moins accusés. Ainsi, tandis qu'à l'essor

(fig. 10) les ailes du pigeon partent de la verticale, descendent, puis se relèvent après avoir un peu franchi l'horizon, la simple observation de ces oiseaux familiers montre que l'amplitude de battement diminue d'une façon notable avec la vitesse acquise. De plus, l'oscillation verticale du corps est moins étendue, son

Fig. 10



mouvement de bascule plus faible, la torsion des ailes moins accusée et la courbe elliptique décrite par le fouet beaucoup plus petite. C'est surtout dans le sens de la marche que cette courbe se rétrécit, en sorte que, pour le vol horizontal, le grand axe, qui était d'abord voisin de l'horizon, tourne peu à peu et se rapproche de la verticale. La pointe de l'aile décrit ainsi par rapport au corps, depuis l'essor jusqu'au plein vol, une trajectoire dont l'ellipse centrale se ferme et correspond à l'allure normale, tandis que les oscillations de l'axe de l'oiseau diminuent peu à peu.

La diminution de l'ovale, et surtout de son diamètre dans le sens de la trajectoire, a une grande importance. Elle indique en effet que le déplacement de l'aile d'avant en arrière est très faible dans le plein vol; il en résulte que le reploiement de la main, très net à l'essor, s'éteint avec la vitesse; et comme le mouvement de persiennes des rémiges lui est automatiquement associé, ce mouvement s'éteint lui-même; en sorte qu'en plein vol la voilure est pleine, conserve à peu près la même surface, et n'est animée que de battements d'une amplitude relativement faible. Pour certaines espèces, cette amplitude ne dépasse pas 20°.

La théorie orthoptère et la théorie aéroplane.

Maintenant que nous connaissons dans ses grandes lignes le mécanisme du coup d'aile, il faut voir comment il produit : 1° la sustentation, 2° la propulsion de l'oiseau.

Jusqu'à ces dernières années, les diverses théories du vol pro-

cédaient toutes d'une idée dominante : on croyait que l'abaissée des ailes procurait une réaction verticale de bas en haut et que la remontée donnait lieu à une réaction contraire, mais beaucoup plus faible, de sorte qu'en définitive il en serait résulté une sustentation permanente. Les travaux de Marey, en mettant en évidence le jeu de persiennes des rémiges, paraissaient confirmer cette explication. Quant à la propulsion, on l'attribuait à ce que la pointe de l'aile se retournerait de façon à frapper l'air comme une rame : d'où le nom de vol ramé donné au vol à battements.

Nous constatons de suite que les observations de Marey ne peuvent être invoquées en l'espèce parce qu'elles ont été faites à l'essor, où les conditions sont notablement différentes du plein vol. Dans ma communication sur les ballons dirigeables, j'ai indiqué incidemment que la théorie orthoptère suppose chez l'oiseau un travail continu inadmissible pour assurer la sustentation, et j'ai cité d'autre part quelques faits qui sont en désaccord avec elle. Je n'y reviendrai point. En ce qui concerne la propulsion, il ne saurait y avoir coup de rame en plein vol : j'ai montré, en effet, qu'aussitôt après l'essor le mouvement de l'aile d'avant en arrière diminue notablement d'amplitude et de vitesse, de sorte qu'à l'allure normale le fouet recule moins vite que l'oiseau n'avance.

En réalité, le vol ne peut se soutenir quelque temps que grâce à la vitesse. C'est ce que M. Mouillard a fort bien résumé dans son aphorisme : « Pas de vitesse, pas de vol ». L'influence de la vitesse se manifeste non seulement à l'envolée, mais encore en plein vol, où les battements sont d'autant moins grands et moins fréquents que le volateur est animé d'une propulsion plus rapide. Les partisans de la théorie orthoptère expliquaient, sinon la *nécessité*, du moins les conséquences avantageuses de la vitesse en disant que, dans le vol sur place, la masse d'air chassée par un battement ne donnerait plus un appui suffisant lors des battements ultérieurs. Je n'irai pas jusqu'à prétendre que cette manière de voir soit entièrement erronée : tous les phénomènes qui se rattachent à l'écoulement des fluides sont si délicats et si complexes qu'on peut hésiter à se prononcer catégoriquement. Cependant j'ai toujours eu quelque doute sur le bien-fondé de cette explication. Il me semble au contraire que, pendant la remontée qui suivrait chaque abaissée sur place, l'air affluerait sous l'aile pour combler le vide produit, et que cet afflux se ferait avec une vitesse de bas en haut qui, pendant l'abaissée suivante, s'ajoute-

rait à la vitesse de l'aile pour augmenter le courant relatif. Quoi qu'il en soit, combien il est plus simple de voir, dans la diminution des battements quand la vitesse augmente, une confirmation de la théorie aéroplane, qui explique la sustentation par la propulsion même de l'oiseau : la propulsion provoque en effet sur la voilure une réaction dont la composante verticale peut faire équilibre au poids du volateur, lorsque cette voilure est convenablement inclinée.

Théorie du vol ramé.

Je vais exposer maintenant, aussi brièvement que possible, la théorie du vol ramé, telles que les observations de ces dernières années et la connaissance plus intime des lois de la mécanique des fluides m'ont amené à la concevoir.

Il importe de mentionner, dès à présent, que la méthode graphique et la photochronographie ont prouvé le ralentissement de la vitesse de l'oiseau pendant la remontée de l'aile : par conséquent cette remontée n'est pas propulsive, et c'est l'abaissée seule qui produit la propulsion.

Cette remarque faite, analysons d'abord ce qui se passerait avec une voilure plane en supposant, pour fixer les idées, que le vol s'effectue en ligne droite dans un plan horizontal.

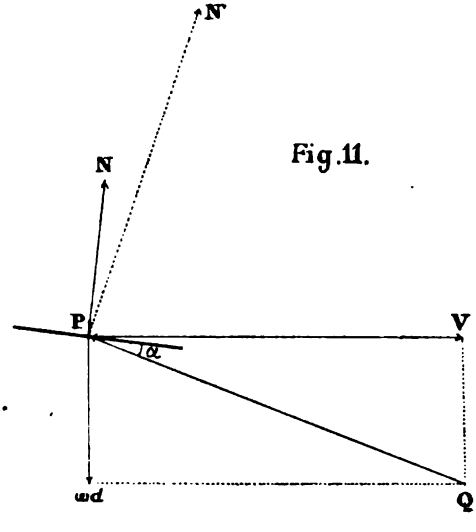
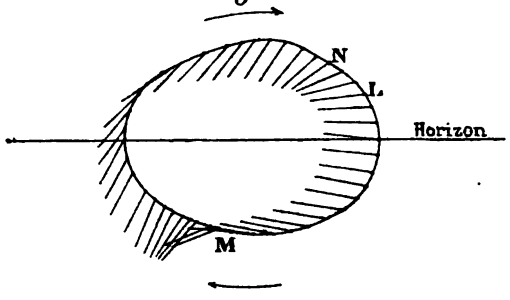


Fig. 11.

1° Examinons d'abord l'abaissée. Soient *(fig. 11)* V la vitesse de propulsion et ω la vitesse angulaire d'un point P de la voilure situé à une distance *d* de son axe horizontal de rotation. Il s'exerce en P un courant relatif suivant PQ. Or l'abaissée doit à la fois soutenir et propulser le volateur; pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que la section de la voilure en P par le plan vertical parallèle à l'axe de rotation soit comprise dans l'angle VPQ : et c'est ce qu'on admet généralement, d'autant plus

Fig. 12.



volontiers que les observations de Marey ont montré qu'à l'abaissée la face inférieure du fouet de l'aile est légèrement tournée vers l'arrière. La figure 12, qui représente les inclinaisons générales du fouet d'une buse aux diverses phases du battement, est celle qui a été publiée par le savant professeur, mais l'orientation en a été modifiée suivant ses indications; on constate que le vent relatif frappe le dessous de l'aile sous un angle α très petit. La réaction s'exerce suivant PN.

2° Considérons maintenant la relevée. Si le courant relatif PQ frappe la voilure par sa face inférieure sous un angle α *(fig. 13)*, la réaction PN donne encore une composante de sustentation, mais la composante horizontale retarde le mouvement. S'il la frappe au contraire par sa face supérieure *(fig. 14)*, la réaction donne une composante de propulsion, mais la composante verticale s'ajoute au poids de l'oiseau pour le faire tomber. Entre ces deux modes d'action on a uniquement choisi le premier,

Fig. 13.

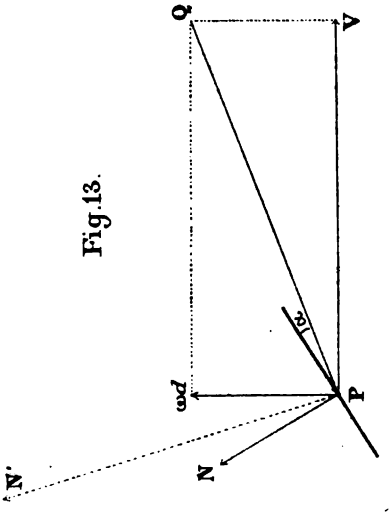
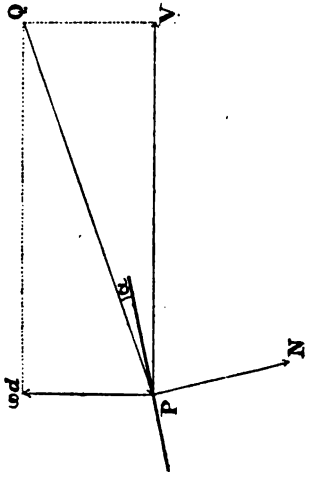


Fig. 14



qui est d'accord avec les observations de Marey, d'après lesquelles la remontée n'est pas propulsive. Je ferai remarquer que, sauf pour les faibles valeurs de d, le premier mode est nécessairement suivi du second, à moins qu'on n'admette, à la fin de la remontée, un brusque changement dans l'orientation de la voilure ; ce changement n'a pas été observé jusqu'ici.

J'ai supposé la voilure plane. En réalité, elle affecte une forme très complexe ; toutefois, dans les battements du plein vol, alors que les gauchissements ont à peu près disparu, la figure 15 représente sensiblement, tant à l'abaissée qu'à la remontée, la section

Fig. 15

par un plan vertical parallèle à la route suivie. Cette forme est de beaucoup supérieure à la surface plane et même à la surface simplement concave, parce qu'elle a pour effet non seulement de doubler ou même de tripler la réaction PN, mais encore de l'incliner nettement vers le bord d'attaque, comme les figures 11 et 13 le montrent en PN'. M. Goupil, qui a développé des considérations intéressantes sur les filets fluides, avait parfaitement vu ce résultat, et lui attribuait une grande importance dans le vol, surtout en raison du puissant effort sustentateur qui en résulte. Dans ma théorie, l'orientation nouvelle de PN' joue un rôle au moins aussi considérable.

Ceci posé, il est facile d'indiquer quels sont les principes mécaniques dont relève le vol ramé.

a) Dans les battements de l'essor, les parties de la voilure voisines du corps agissent tout différemment des parties éloignées en raison des grandes variations du rapport $\frac{\omega d}{V}$ depuis l'articulation scapulo-humérale jusqu'à l'extrémité de l'aile. Par suite de ces variations, la direction du courant relatif change notablement aux différents points, et il arriverait, s'il n'y avait pas de dispositif spécial pour obvier à ce grave inconvénient, qu'à la relevée les pressions élémentaires agiraient sur la face inférieure des rémiges humérales, et sur la surface supérieure des rémiges cubitales et palmaires. Il y a donc lieu de considérer les régions rapprochées et les régions éloignées du corps, auxquelles nous conserverons les noms d'aile passive et d'aile active donnés par

Marey, mais sans attacher à ces dénominations le sens que leur attribue cet auteur.

L'aile passive prend, sur le courant relatif, des inclinaisons analogues à celles qui sont représentées sur les figures 11 et 13. Il en résulte que l'abaissée produit sur elle une composante sustentatrice et une composante propulsive; mais, pendant cette demi-phase du battement, c'est au mouvement vigoureux et rapide de l'aile active que sont principalement dus la sustentation et la propulsion; celle-ci est obtenue par la projection automatique de l'aile en avant, — projection qui entraîne le corps de l'oiseau, ainsi que je l'expliquerai plus loin, — et par le coup de rame du fouet lorsque l'aile se porte en arrière à la fin de l'abaissée. Pendant la relevée, l'aile passive donne encore une composante de sustentation, mais la composante de propulsion est négative; d'autre part l'aile active, si elle conservait sa voilure étendue, serait frappée en dessus par le courant, en raison de la grande valeur de $\frac{\omega d}{V}$: aussi la main se reploie-t-elle de façon à couper l'air; ce reploiement provoque le pivotement automatique des rémiges cubitales, qui laissent passer l'air de dessus en dessous.

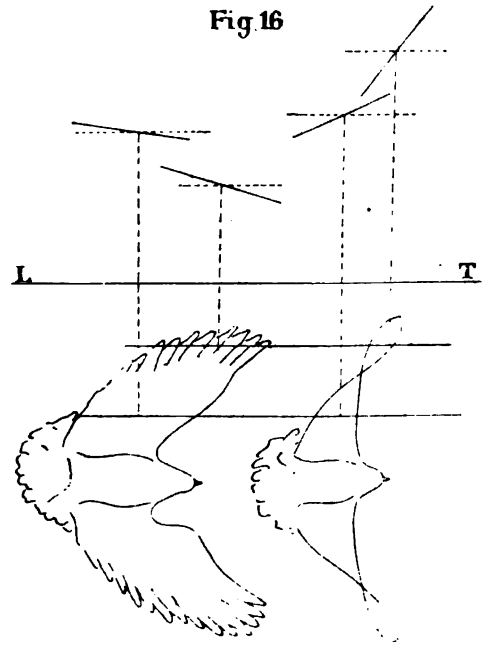
Ainsi, à l'essor, la sustentation est produite : 1° par toute l'aile pendant l'abaissée; 2° par l'aile passive pendant la relevée, l'aile active ne jouant alors qu'un rôle effacé. Quant à la propulsion, elle est due presque entièrement au coup de rame et à la projection des ailes en avant. J'ajoute qu'en outre la composante d'avancement sur les surfaces qui jouent le rôle d'aéroplane dans l'aile descendante est plus grande que la composante de recul sur l'aile remontante; c'est ce qui va être montré tout à l'heure.

b) A mesure que le rapport $\frac{\omega d}{V}$ diminue par l'augmentation progressive de la vitesse du volateur, l'effet descensionnel de l'aile active à la remontée est moins à craindre; les rémiges palmaires s'étalent de plus en plus, et le pivotement des rémiges cubitales, commandé automatiquement par le reploiement de la main, cesse avec lui. Alors le coup de rame, qui se ferait à vide, ne se produit plus, et d'ailleurs il n'est pas nécessaire, car la composante de recul à la remontée est notablement moins grande que la composante d'avancement à l'abaissée : d'une part en effet, l'inclinaison de la voilure au-dessus de l'horizon pendant la première phase est beaucoup plus grande que son inclinaison au-dessous pendant la seconde; d'autre part, la forme de

l'aile décline la réaction de PN en PN′ vers le bord d'attaque. La différence entre ces composantes horizontales est suffisante, non plus pour produire la vitesse, comme le faisaient le coup de rame et la projection de l'aile, mais pour l'entretenir ; donc, remarque importante, la vitesse des oiseaux est limitée moins par leur force musculaire que par le mode d'action de l'aile. La faible valeur de la force propulsive nécessaire à la conservation de la vitesse est nettement mise en évidence par le fait suivant : de nombreuses observations ont montré qu'il suffit à l'oiseau de descendre suivant une pente de 1/8 à 1/9 seulement pour conserver son allure sans donner aucun battement ; c'est ainsi que, parvenu à 100 *m* d'altitude, il peut parcourir près de 1 *km* avant de rencontrer le sol, et cela tout en conservant son allure et en laissant ses ailes au repos.

A mesure qu'il prend de la vitesse, l'oiseau diminue non seulement l'amplitude et la fréquence de ses battements, mais encore les variations d'inclinaison de la voilure. Ces variations, toujours faibles près du corps, sont au contraire assez grandes dans les parties qui en sont éloignées, pour peu que les battements aient quelque amplitude ; j'ai représenté sur la figure schématique 16, en l'exagérant à dessein, le sens de ces inclinaisons diverses. Ainsi se retrouvent les résultats enregistrés par Marey à l'aide d'un appareil placé sur le fouet de l'aile d'une buse (*fig. 12*) : de L en M, pendant l'abaissée, l'extrémité de l'aile est inclinée au-dessous de l'horizon. En M, au moment de la relevée, l'inclinaison change brusquement : certains auteurs avaient attribué à ce brusque changement un effet analogue à celui d'un ressort, effet qu'ils appelaient le coup de fouet de l'aile ; on voit

Fig. 16



Marey, mais sans attacher à ces dénominations le sens que leur attribue cet auteur.

L'aile passive prend, sur le courant relatif, des inclinaisons analogues à celles qui sont représentées sur les figures 11 et 13. Il en résulte que l'abaissée produit sur elle une composante sustentatrice et une composante propulsive; mais, pendant cette demi-phase du battement, c'est au mouvement vigoureux et rapide de l'aile active que sont principalement dus la sustentation et la propulsion; celle-ci est obtenue par la projection automatique de l'aile en avant, — projection qui entraîne le corps de l'oiseau, ainsi que je l'expliquerai plus loin, — et par le coup de rame du fouet lorsque l'aile se porte en arrière à la fin de l'abaissée. Pendant la relevée, l'aile passive donne encore une composante de sustentation, mais la composante de propulsion est négative; d'autre part l'aile active, si elle conservait sa voilure étendue, serait frappée en dessus par le courant, en raison de la grande valeur de $\frac{\omega d}{V}$: aussi la main se reploie-t-elle de façon à couper l'air; ce reploiement provoque le pivotement automatique des rémiges cubitales, qui laissent passer l'air de dessus en dessous.

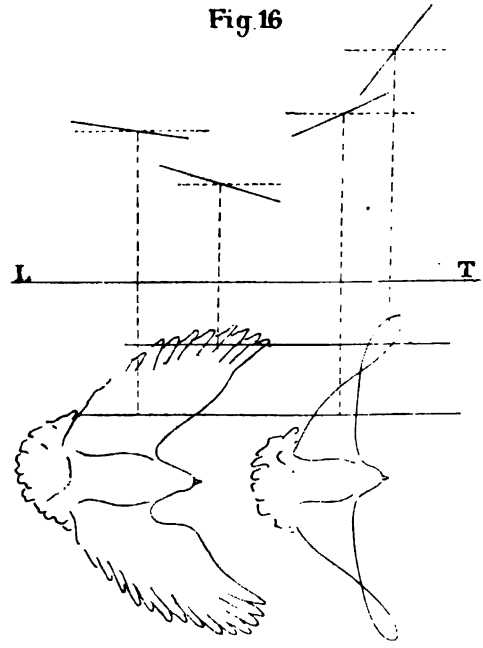
Ainsi, à l'essor, la sustentation est produite : 1° par toute l'aile pendant l'abaissée; 2° par l'aile passive pendant la relevée, l'aile active ne jouant alors qu'un rôle effacé. Quant à la propulsion, elle est due presque entièrement au coup de rame et à la projection des ailes en avant. J'ajoute qu'en outre la composante d'avancement sur les surfaces qui jouent le rôle d'aéroplane dans l'aile descendante est plus grande que la composante de recul sur l'aile remontante; c'est ce qui va être montré tout à l'heure.

b) A mesure que le rapport $\frac{\omega d}{V}$ diminue par l'augmentation progressive de la vitesse du volateur, l'effet descensionnel de l'aile active à la remontée est moins à craindre; les rémiges palmaires s'étalent de plus en plus, et le pivotement des rémiges cubitales, commandé automatiquement par le reploiement de la main, cesse avec lui. Alors le coup de rame, qui se ferait à vide, ne se produit plus, et d'ailleurs il n'est pas nécessaire, car la composante de recul à la remontée est notablement moins grande que la composante d'avancement à l'abaissée : d'une part en effet, l'inclinaison de la voilure au-dessus de l'horizon pendant la première phase est beaucoup plus grande que son inclinaison au-dessous pendant la seconde; d'autre part, la forme de

l'aile décline la réaction de PN en PN′ vers le bord d'attaque. La différence entre ces composantes horizontales est suffisante, non plus pour produire la vitesse, comme le faisaient le coup de rame et la projection de l'aile, mais pour l'entretenir ; donc, remarque importante, la vitesse des oiseaux est limitée moins par leur force musculaire que par le mode d'action de l'aile. La faible valeur de la force propulsive nécessaire à la conservation de la vitesse est nettement mise en évidence par le fait suivant : de nombreuses observations ont montré qu'il suffit à l'oiseau de descendre suivant une pente de 1/8 à 1/9 seulement pour conserver son allure sans donner aucun battement; c'est ainsi que, parvenu à 100 *m* d'altitude, il peut parcourir près de 1 *km* avant de rencontrer le sol, et cela tout en conservant son allure et en laissant ses ailes au repos.

A mesure qu'il prend de la vitesse, l'oiseau diminue non seulement l'amplitude et la fréquence de ses battements, mais encore les variations d'inclinaison de la voilure. Ces variations, toujours faibles près du corps, sont au contraire assez grandes dans les parties qui en sont éloignées, pour peu que les battements aient quelque amplitude ; j'ai représenté sur la figure schématique 16, en l'exagérant à dessein, le sens de ces inclinaisons diverses. Ainsi se retrouvent les résultats enregistrés par Marey à l'aide d'un appareil placé sur le fouet de l'aile d'une buse (*fig. 12*) : de L en M, pendant l'abaissée, l'extrémité de l'aile est inclinée au-dessous de l'horizon. En M, au moment de la relevée, l'inclinaison change brusquement : certains auteurs avaient attribué à ce brusque changement un effet analogue à celui d'un ressort, effet qu'ils appelaient le coup de fouet de l'aile ; on voit

Fig. 16



qu'il s'explique très simplement dans notre théorie. De M en N, pendant la remontée, l'aile active est inclinée d'un angle relativement grand au-dessus de l'horizon. De N en L, pendant une période très courte, cette inclinaison diminue jusqu'à devenir nulle, donnant ainsi une composante descensionnelle et une composante propulsive comme l'indique la figure 14; mais la période est trop courte pour qu'il en résulte des effets perturbateurs sensibles; au reste, je ne serais pas surpris si l'on constatait, avec des appareils plus précis que celui de Marey, que les points L et N sont confondus, et qu'il y a dans cette région un changement brusque analogue à celui qui existe en M.

On voit l'influence de la forme qu'offrent les diverses parties de la voilure. A l'essor, l'aile se brise, pendant la relevée, en trois surfaces correspondant aux articulations du coude et du poignet; puis ces brisures s'atténuent, et la voilure est seulement gauchie. La torsion de l'aile diminue du reste avec la vitesse du volateur, les brusques changements dans l'inclinaison de son extrémité ont moins d'amplitude, et s'éteignent même quand l'oiseau, cessant ses battements, fait succéder le planement au vol ramé. A l'effet de ces gauchissements sur la réaction de l'air il faut ajouter ceux que produisent la nervure formée par les parties osseuses de l'aile, le relèvement des rémiges, l'inclinaison et l'étalement plus ou moins accentués de la queue, etc.

Telle est, dans ses lignes essentielles, la théorie que je propose pour le vol ramé. Sa complication n'est qu'apparente; lorsqu'on est bien pénétré du mécanisme que je viens de décrire on suit les détails du battement avec facilité, et l'on voit le jeu des diverses parties de l'aile se modifier d'une façon continue depuis l'essor jusqu'au plein vol et même jusqu'au planement. Cette continuité qu'indique la théorie était nécessaire, puisque la plupart des rameurs passent progressivement du vol ramé au vol plané et inversement. Pénaud avait pressenti « l'union étroite » entre ces deux genres de vol, ou plus exactement entre ces deux classifications du vol, plus didactiques que réelles; et Tatin, exagérant cette idée, écrivait qu'on peut les assimiler complètement. Cette assimilation ne serait pas exacte; bien plus, le vol ramé n'est pas semblable à lui-même depuis l'essor jusqu'au plein vol; c'est ainsi que le coup de rame existe dans les premiers battements et disparaît dès que la vitesse a acquis une certaine valeur. Mais à aucun moment il n'y a de séparation nette entre les procédés mis en œuvre à deux instants successifs du vol.

La précédente théorie a naturellement des points communs avec celles qui ont été édifiées par les partisans du principe aéroplane. La cause générale de la sustentation est forcément la même, et c'est surtout dans le mécanisme de la propulsion que se trouvent les différences les plus caractéristiques. Or ce mécanisme donne précisément la clef du vol, puisque la propulsion est la base même de toute théorie aéroplane ; aussi l'ai-je étudié avec quelques détails et je crois utile, pour affirmer les explications nouvelles qui viennent d'être développées, de montrer en quoi les principales théories données jusqu'ici étaient inexactes ou insuffisantes.

Un esprit éminent, sir G. Cayley, attribuait à la remontée de l'aile une action propulsive. Un autre aviateur distingué, Alphonse Pénaud, dont les travaux sur le vol ont été couronnés par l'Académie des Sciences au Concours de mathématiques de 1874, croyait au coup de rame en plein vol; il admettait aussi que le fouet de l'aile avait une action propulsive aussi bien à la remontée qu'à l'abaissée, tandis que la partie de la voilure voisine du corps n'était jamais propulsive, et avait pour fonction de « faire cerf-volant », c'est-à-dire de former aéroplane. Comme moi, il fut conduit à donner de l'importance aux gauchissements de l'aile : mais l'inexactitude de sa théorie le conduisit à des galbes qui ne concordent pas avec ceux qu'observa le physiologiste anglais Pettigrew, galbes qui sont au contraire conformes à mes vues. Sous l'empire d'idées analogues à celles de Pénaud, Marey appela aile active la région formée par les rémiges palmaires, qu'il supposait ramantes, aile passive la partie voisine du corps, à laquelle il attribuait toute la fonction aéroplane. Selon cet auteur, les rémiges palmaires supportaient à l'abaissée une pression notablement plus forte que le reste de l'aile ; le contraire devait se produire à la relevée, l'extrémité de l'aile se dérobant jusqu'à un certain point à la pression de l'air. J'estime qu'il en résulterait, dans le sens perpendiculaire à la trajectoire, une courbure très accentuée de l'aile, surtout vers la pointe des rémiges : or, que je sache, cette courbure, qu'il ne faut pas confondre avec le relèvement des rémiges, n'a pas été observée en plein vol. Du reste, la théorie montre qu'alors la valeur du courant relatif est sensiblement la même en tous les points de l'aile, puisqu'elle résulte de la composition des vitesses V et ωd, dont la seconde est petite par rapport à V ; à la remontée comme à l'abaissée, elle croît, mais très faiblement, de l'humérus jusqu'à l'extrémité de l'aile.

Soit qu'ils aient compris que le coup de rame n'existe pas en plein vol, soit qu'ils aient jugé ce mode d'action insuffisant, certains aviateurs ont imaginé, pour la propulsion, des explications diverses. Les uns ont pensé qu'en changeant brusquement d'orientation à la fin de l'abaissée le fouet de l'aile produisait un effet analogue à un ressort qui se détend : j'ai dit ce qu'il faut penser de ce changement, improprement appelé le coup de fouet. M. Drzewiecki voit le propulseur dans l'extrémité flexible et élastique des rémiges, qui se relève plus ou moins lors de l'abaissée, ce qui, dit-il, déterminerait une composante horizontale égale à la somme des efforts nécessaires pour produire la flexion des rémiges. Cette explication me paraît peu claire, même si l'on admet la détente à la fin de l'abaissée ; elle est d'ailleurs inadmissible en plein vol puisqu'il s'exerce sous l'aile une pression de même ordre à l'abaissée et à la remontée, et que, par suite, l'extrémité des rémiges est toujours légèrement relevée. J'ai indiqué l'effet avantageux de ce relèvement. Enfin, quelques aviateurs ont attribué un effet propulsif à la nervure formée par la partie osseuse de l'aile. Prenons dans la main un voile étendu sur une armature

Fig. 17.

qui ne forme relief que d'un seul côté *(fig. 17)* ; cette nervure étant en dessous, abaissons énergiquement le voile : nous obtenons une déviation latérale vers la nervure, déviation assez forte pour entraîner notre bras. L'air s'échappe du côté opposé ; c'est ce qu'il est facile de voir en plaçant près de la nervure une bougie dont la flamme reste immobile, tandis que la flamme d'une bougie placée à une distance beaucoup plus grande du bord libre oscille vivement et s'éteint parfois. Il faut avoir fait cette facile expérience pour se rendre compte de la puissance de l'entraînement latéral.

C'est par un phénomène analogue que s'explique, en l'absence d'un muscle spécial, la projection de l'aile en avant lors de l'abaissée. Cette projection est assez forte, non seulement pour entraîner les ailes par rapport au corps, mais aussi pour faire progresser l'ensemble lors des battements énergiques de l'essor.

Mais l'entraînement est à coup sûr insensible quand les battements sont lents et de peu d'amplitude, car c'est à peine s'il se produit alors un entraînement des ailes par rapport à l'oiseau.

Du travail et de l'assimilation de l'oiseau aux aéroplanes mécaniques.

Ce serait maintenant le moment de vous parler du travail dépensé pendant le vol ramé, question qui a beaucoup passionné les aviateurs, car ils espéraient en tirer une indication sur la puissance du moteur qu'il conviendrait de mettre à bord d'un navire aérien d'un poids et d'une voilure déterminés. Mais, pressé par le temps, je n'aborderai pas cette question. Je l'élimine avec d'autant moins de regrets que le travail varie beaucoup avec la vitesse du volateur, qu'il a été jusqu'ici très grossièrement évalué, et qu'enfin il ne peut donner aucune indication pour l'énergie dont les grands aéroplanes ont besoin : ce point sera mis en évidence dans la Deuxième Partie. Je rappelerai seulement que le Dr Richet, directeur de la *Revue Scientifique*, a évalué le travail, d'après la combustion chimique, à un demi-kilogrammètre par seconde et par *kg* pour un pigeon en plein vol.

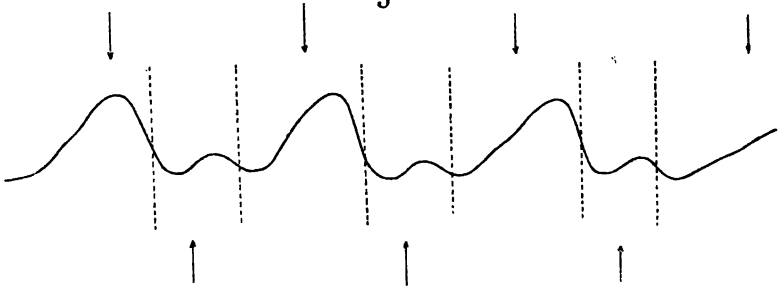
La considération du travail fait naître dans l'esprit la question suivante : quel est le rôle des muscles dans les mouvements de l'aile ? L'étude de ce rôle sortirait du cadre que je me suis tracé, et je me contenterai de dire quelques mots du grand pectoral, qui est le principal muscle locomoteur. Pendant l'abaissée, il tend à faire descendre la voilure normalement à l'axe général du corps de l'oiseau ; la projection de l'aile en avant ne résulte donc pas d'un acte volontaire. Pendant la remontée, il s'oppose à la relevée trop rapide de l'aile, relevée qui est encore automatique, mais perdrait la plus grande partie de son effet sustentateur sans l'intervention du grand pectoral, qui appuie sur l'air la face inférieure de la voilure : ce fait a été indiqué par Tatin.

Ainsi le grand pectoral agit pendant tout le battement comme pour abaisser l'aile vers le sol. On conçoit du reste que l'effort musculaire soit moindre à la remontée qu'à l'abaissée : c'est ce que montre le tracé 18 qui donne, enregistrées par Marey, les variations de contraction du grand pectoral ; la direction des flèches indique le sens du mouvement de l'aile. J'estime que l'inégalité entre les deux sinuosités qu'on voit alterner sur ce tracé tend à disparaître à mesure que les battements diminuent d'amplitude ; et lorsque

le planement succède au vol ramé, ces sinuosités deviennent égales en s'évanouissant l'une et l'autre : la contraction, qui mesure l'effort du muscle, est alors représentée par une ligne droite. A ce moment l'oiseau est tout à fait assimilable au type d'aéroplane que nous étudierons plus loin.

Cette conclusion permet d'étendre au plein vol de l'oiseau, véritable aéroplane animé, les formules que nous établirons dans la Deuxième Partie; mais la valeur des coefficients, suivant qu'on considère l'oiseau ou l'aéroplane de grande taille, modifie singulièrement les lois du travail. Je montrerai que pour un aéroplane des dimensions d'un oiseau moyen le travail n'est pas disproportionné si on le compare au travail développé par les autres animaux. Je ferai voir qu'il existe des différences mar-

Fig. 18.



quées entre les aéroplanes de cette taille et ceux qui sont destinés au transport d'un ou plusieurs passagers. J'établirai que, dans le vol horizontal, le travail est la somme de deux termes : le premier représente le travail nécessaire pour vaincre la résistance à l'avancement : il est d'une valeur très faible pour l'oiseau, même aux plus grandes vitesses qu'atteignent les rameurs; le second est le travail nécessaire à la conservation de la vitesse: théoriquement, il décroît avec l'angle de l'aéroplane sur la trajectoire et devient nul en même temps que cet angle, comme Borda l'avait pressenti; or, en plein vol, les ailes sont faiblement inclinées sur l'horizon. On conçoit donc, dès maintenant, que la somme des deux termes soit faible; ainsi, on conclut à la petitesse du travail, d'accord en cela avec nombre de faits, comme les grandes migrations.

Le travail de l'aéroplane passe évidemment par un minimum puisqu'il est la somme de deux termes dont l'un croît et l'autre décroît avec la vitesse. Ce minimum a deux valeurs, suivant qu'on considère le travail nécessaire pour un vol d'une durée

déterminée, ou le travail qui correspond à un certain parcours. Nous verrons que ces deux valeurs sont acceptables pour l'oiseau, qui incline instinctivement ses ailes sous deux angles différents, suivant qu'il vole pour voler, par dilettantisme, en cherchant simplement à se maintenir avec la moindre fatigue, ou suivant qu'il doit faire de longs parcours au-dessus de la terre, lors des migrations par exemple.

II. — Vol plané et vol à voile.

Différence entre le vol plané et le vol a voile.

Le vol plané, ai-je dit, est celui dans lequel l'oiseau rameur, après avoir éteint ses battements d'une façon progressive et complète, se laisse glisser sur l'air, les ailes immobiles et largement étendues. Si la trajectoire est descendante, cette glissade peut être très longue, puisqu'il suffit à l'oiseau de tomber sous un angle de 9° environ pour entretenir sa vitesse. Mais le plus souvent l'oiseau cherche à se maintenir à la même altitude, ou même à s'élever en orientant convenablement sa voilure : il en résulte une diminution assez rapide de la vitesse, de sorte que le planeur se trouve bientôt dans la nécessité de reprendre ses battements. C'est ainsi qu'on voit généralement les glissades et les coups d'aile alterner, parfois même d'une façon régulière.

Le vol plané a donc un caractère essentiellement momentané. Le vol à voile, au contraire, est un planement continu que certains oiseaux, l'aigle, le gyps fulvus, le busard, etc., soutiennent pendant des heures, donnant le spectacle d'un corps inerte qui se soutient dans l'air en dépit de son poids, et qui s'y propulse... sans propulseur.

Théories diverses du vol a voile.

Un phénomène aussi singulier a beaucoup passionné les chercheurs de machines volantes par la double raison qu'il s'observe principalement sur les grandes espèces et qu'il paraît, plus que le vol ramé, susceptible d'être copié mécaniquement. Il n'a pas manqué aussi d'attirer la curiosité des savants, en raison du paradoxe mécanique qu'il semble présenter.

Les théories qu'on a données du vol à voile peuvent se rattacher à trois ordres d'idées bien différents :

1° Les extrémités des ailes et de la queue seraient animées de vibrations rapides de faible amplitude qui auraient échappé aux observateurs. Cette hypothèse est en contradiction formelle avec les récits d'hommes d'une indiscutable bonne foi, comme Darwin, Mouillard, Langley, qui ont eu l'occasion de voir manœuvrer des voiliers à très faible distance. D'ailleurs, ces vibrations pourraient-elles entretenir la vitesse de l'oiseau ?

2° Le voilier utiliserait les mouvements de l'atmosphère : courants ascendants; rafales énergiques et violentes comme celles que nous ressentons à terre; variations incessantes et très rapides qui se produisent à raison de plusieurs par minute, comme celles que Langley a récemment découvertes à l'état permanent. Ainsi l'oiseau, en l'absence de tout travail propre, emprunterait le travail interne du vent;

3° Le voilier aurait la faculté de créer, par certaines manœuvres, des sortes de rafales, que j'ai appelées rafales artificielles : cette hypothèse est un non sens mécanique.

J'ai discuté ces diverses théories dans mes articles de la *Revue scientifique* sur « le Vol à voile et l'Aviation ». Je ne puis charger le *Bulletin* de cette discussion un peu longue, et je dois prier ceux de nos collègues que la question intéresse de vouloir bien s'y reporter : au reste, l'exemple du vol à voile n'a pas pour le navire aérien l'importance qu'on s'était plu à lui attribuer, et il nous suffit dans cette étude de constater que le voilier est un aéroplane animé, d'où que vienne l'énergie qui lui permet d'entretenir sa vitesse.

Je me contenterai d'ajouter que la théorie de Langley, basée sur ses observations anémométriques près du sol, semble infirmée par des expériences toutes récentes de M. Angot effectuées au sommet de la Tour Eiffel avec des appareils très précis. Le désaccord entre les observations des deux savants m'a conduit à une théorie nouvelle qui montre que ces observations ne sont pas contradictoires, et qui rend bien compte des diverses circonstances dans lesquelles se produit le vol à voile. J'ai l'intention de faire bientôt quelques expériences pour vérifier, si possible, l'exactitude de mes vues.

DEUXIÈME PARTIE

L'AÉROPLANE-NAVIRE

I. — Choix d'un navire aérien plus lourd que l'air.

Conséquences tirées du vol des oiseaux.

Le vol des oiseaux est tellement en dehors de nos occupations habituelles que je me reprocherais de l'avoir étudié si je ne devais en tirer, d'une part des arguments contre certains projets, et d'autre part des enseignements en ce qui concerne le navire aérien. Du moins ce navire se rattache essentiellement à l'art de l'Ingénieur, et même sollicite, plus que tout autre appareil de locomotion, des recherches théoriques extrêmement délicates, puisqu'elles ont trait à la mécanique des fluides, et des perfectionnements considérables dans la métallurgie et dans la construction.

Sauf au moment de l'envolée, où l'aile frappe l'air sinon normalement, du moins suivant une inclinaison très grande qui diminue dès les premiers battements, le principe appliqué par la nature peut s'énoncer ainsi : « Se soutenir en se propulsant. » Que les battements soient de grande amplitude et la surface de l'aile d'une forme complexe et éminemment variable, comme chez la plupart des petits rameurs; que les battements aient une amplitude plus faible et la voilure des gauchissements moins accusés, comme chez les rameurs de grande taille; ou qu'enfin l'aile soit immobile et rigide pour ainsi dire, comme chez les planeurs et les voiliers : en plein vol, la sustentation est toujours le résultat de la propulsion. En d'autres termes, l'oiseau est un aéroplane.

Cette conclusion, qui domine la théorie par laquelle j'ai synthétisé le mécanisme du vol, montre l'erreur de nombreux constructeurs d'oiseaux à ailes mobiles qui attribuaient aux battements une action orthoptère. Il faut que ces partisans de l'effort normal en prennent leur parti : tout comme M. Jourdain faisait de la prose sans le savoir, ils ont construit des aéroplanes sans le vouloir.

Les battements n'ont donc pas pour but immédiat de soutenir l'oiseau : s'ils existent, c'est qu'ils constituent le mode d'action des ailes en tant que propulseur; ils n'intéressent la sustentation qu'indirectement, parce que celle-ci résulte de la propulsion. Cela est si vrai que les rameurs les éteignent dès que leur vitesse est suffisante, et que les voiliers s'en passent complètement. Il est donc logique de ne considérer les battements qu'au point de vue de la propulsion. La nature a dû s'adresser à eux parce que le mouvement alternatif est seul compatible avec la force musculaire, qui se transmet par des contractions et des dilatations des fibres animées; comme les quadrupèdes et les poissons, les oiseaux étaient tenus d'avoir un propulseur à mouvement alternatif. Dans ces conditions, il y avait intérêt, au point de vue de la légèreté, à ce que l'appareil sustentateur et l'appareil propulseur fussent réunis dans un même organe, l'aile, dont la nature a fait un merveilleux chef-d'œuvre. Est-ce à dire qu'il convienne d'en reproduire les battements? Cela peut être intéressant à certains points de vue, par exemple la reconstitution mécanique des gauchissements de la voilure; c'est ce qu'avait essayé Pénaud, inexactement du reste. Mais les battements ne sont pas recommandables au point de vue rendement; ils sont même ridicules dès qu'il s'agit d'un navire aérien. Je vais le montrer en quelques mots :

1° Il convient d'employer les organes qui sont propres à la mécanique, alors surtout que ces organes ont un rendement et une puissance très supérieurs à ceux des machines animales C'est ainsi qu'on n'a imité ni les jambes, ni les nageoires dans la locomotion sur la terre ou dans l'eau, et je ne sache pas que les Ingénieurs aient eu à s'en repentir. 2° La réunion des deux fonctions, propulsion et sustentation, dans un même organe fait varier à chaque instant la position de l'oiseau sur sa trajectoire, le soulevant et le renversant en arrière pendant l'abaissée des ailes, le faisant descendre et l'inclinant vers l'avant pendant la relevée. Il en résulte d'incessantes variations dans les éléments de la stabilité; l'oiseau peut y porter remède, grâce à son instinct, et cependant il semble bien que cette sujétion le fatigue, puisque les rameurs les mieux doués éteignent progressivement les battements. Ce serait chercher d'inutiles et redoutables complications que d'avoir recours à un appareil mécanique ainsi conçu. 3° Dans les machines capables de transporter des passagers pendant un temps suffisamment long, il faut de très grandes voilures,

et vous tous, Messieurs, qui avez une habitude particulière des difficultés de la mécanique, vous jugerez combien il serait imprudent d'animer de battements les surfaces considérables qui doivent constituer les ailes de ces machines, alors surtout qu'une extrême légèreté leur est nécessaire, et qu'on ne possède, pour les mouvoir, que des moteurs relativement lourds. Au reste, ne voyons-nous pas les grandes espèces, l'aigle, le vautour, le grand-duc, pratiquer presque exclusivement le vol à voile? 4° Enfin, l'angle de la trajectoire avec les ailes, qu'elles soient fixes ou immobiles, doit être tenu entre des limites assez étroites pour l'oiseau mécanique, et beaucoup plus restreintes encore pour les grands appareils. Combien cette nécessité, à laquelle il est déjà difficile de se plier avec une voilure fixe, deviendrait plus dure encore si la voilure était soumise à de perpétuels battements!

Cette analyse, Messieurs, ne saurait laisser de doute dans votre esprit. Avec les aéroplanes de grandes dimensions, que j'appellerai aéroplanes-navires, les battements ne seraient pas seulement puérils: légères, les ailes seraient d'une solidité douteuse; robustes, elles auraient un poids trop élevé. Avec les aéroplanes de petites dimensions, que j'appellerai aéroplanes-oiseaux, les ailes battantes sont possibles; toutefois, elles constituent un propulseur médiocre. Les constructeurs des oiseaux mécaniques en ont eu l'intuition, car ils ont presque tous éprouvé le besoin de mettre une hélice à l'avant de leurs appareils. Chez quelques-uns de ces aviateurs, copistes obstinés de la nature, c'est une grande concession faite à la mécanique, et l'un d'eux, M. Ader, l'inventeur d'un téléphone bien connu, s'en est vengé d'originale façon; l'oiseau qu'il expérimenta, il y a quelques années, dans le parc de M^me^ Isaac Péreire, oiseau qui possédait jusqu'à des muscles artificiels pour produire les battements, avait néanmoins une hélice: M. Ader infligea à cette hélice des bras en forme de plumes!

Aéroplanes, orthoptères et hélicoptères; choix de l'aéroplane.

Des classificateurs à outrance ont divisé les machines aériennes en trois groupes: machines à voilure immobile ou aéroplanes; machines à ailes battantes ou orthoptères; machines où la voilure est remplacée par des hélices de sustentation ou hélicoptères. Cette classification est factice: on peut même dire qu'elle correspond à des notions inexactes, puisque les machines à voilure mobile sont des aéroplanes, tout comme celles à voilure fixe, dès

qu'elles sont animées de translation (et que serait un navire aérien qui ne se déplacerait pas?)

Dans les hélicoptères, la réaction verticale est produite par deux hélices ayant même pouvoir sustentateur, mais qui tournent en sens inverse de façon à détruire le mouvement de rotation que chacune imprimerait à l'appareil. On a construit de petits jouets qui réussissent ainsi à se tenir quelques secondes dans l'air. Au point de vue navire, ce système est très inférieur à l'aéroplane. Si les hélices sont verticales, elles n'arriveront qu'à soutenir les voyageurs sans les déplacer horizontalement dans le courant aérien : un ballon ordinaire serait infiniment plus simple et moins dangereux. Si les hélices sont inclinées, l'habitabilité et la sécurité seront bien précaires. S'il y a un jeu d'hélices verticales et une hélice horizontale, la propulsion troublera singulièrement l'action des hélices sustentatrices qui agiront, en définitive, comme des surfaces aéroplanes de formes compliquées, ayant sur la voilure immobile l'inconvénient de se prêter difficilement aux calculs nécessaires pour assurer la stabilité et de priver les passagers du parachute formé par une grande voilure.

En résumé, il y a lieu de choisir l'aéroplane, dont la nature nous offre l'exemple ; mais il ne convient pas d'imiter les battements du vol ramé, battements que les oiseaux réduisent et cessent dès qu'ils le peuvent, et dont les voiliers s'affranchissent parce qu'ils trouvent dans les mouvements de l'air l'énergie suffisante pour entretenir leur vitesse.

Il est bien certain que si l'utilisation rationnelle de cette énergie, familière aux voiliers, était possible à l'aéroplane mécanique, elle constituerait la solution la plus parfaite de la locomotion aérienne. Mais c'est là une espérance chimérique, que je dois néanmoins signaler puisqu'elle a été formulée par Langley, savant qui fait autorité. « Sans doute, dit-il, l'oiseau a une perception toute particulière de l'intensité et de la direction des variations du vent... Je pense que cette perception, que cet instinct si l'on veut, n'est pas nécessaire pour réaliser les changements d'inclinaison avec un appareil inerte. Le futur aérodrome devra contenir quelque chose qui en tienne lieu ; ce quelque chose, qu'on pourrait appeler un cerveau mécanique, peut fort bien n'être pas compliqué... Sans espérer que le navire aérien puisse se passer complètement d'une source propre de puissance, on voit qu'il ne sera plus dans la nécessité d'emporter, comme les steamers, un poids de combustible qui le rendrait incapable de faire un

long voyage : il lui suffira d'avoir une réserve qui lui permettra de surmonter les moments de calme tout à fait exceptionnels. »
En faisant à l'auteur la très grosse concession d'admettre la possibilité d'un pareil mécanisme, nous constaterons que, pour produire la sustentation des vastes et lourdes machines que seront les aéroplanes-navires, il faut une vitesse bien supérieure à la vitesse relative résultant des variations du vent. Cette vitesse ne pourra leur être fournie que par une source de travail qui leur soit propre. La conception de M. Langley doit donc être classée parmi les trop nombreuses utopies qu'a déjà fait naître le problème de la navigation aérienne. Du reste, ce savant a construit l'an dernier un aéroplane où il n'a pas tenté d'utiliser ces variations.

Il faut donc, je le répète, que le navire aérien ait une puissance motrice propre. Les deux fonctions, sustentation et propulsion, seront séparées, et attribuées à des organes distincts : la voilure immobile et l'hélice, qui est jusqu'à présent le meilleur propulseur connu pour le déplacement dans un fluide unique. Grâce à la voilure, l'aéroplane offre, au point de vue de la sécurité, un avantage réel sur l'hélicoptère. Tous ceux qui ont vu les chutes foudroyantes des oiseaux de proie, leurs élégantes ressources dans les passades successives auxquelles ils se livrent pour lier et trousser leur victime, ont compris la prodigieuse efficacité de la voilure comme parachute dans l'oiseau. Nous n'en demandons pas tant au navire aérien ; ce serait même folie que de chercher à créer un appareil capable de se livrer à de pareilles manœuvres ; il n'en est pas moins vrai que les dangers courus par les voyageurs pourront être largement atténués par le voile de l'aéroplane, comme le prouvent d'ailleurs les intéressantes expériences faites en Allemagne pai M. Otto Lilienthal.

Expériences de M. Lilienthal.

Cet aviateur a construit un appareil qu'on a eu le grand tort d'appeler machine volante. Ce n'est qu'un parachute qui permet à un homme, s'élançant d'un point élevé, de tomber suivant une trajectoire très inclinée. Dans cette machine, la force motrice n'est autre que la pesanteur ; le vent ne sert qu'à donner au départ une vitesse relative dans le milieu, mais il ne saurait constituer une source d'énergie, puisque le navire prendrait à la longue exactement sa vitesse s'il ne descendait suivant un plan incliné.

Ce parachute ne résout pas plus le problème de la navigation aérienne qu'un wagon roulant sur une voie descendante ne donnerait une solution générale de la locomotion sur rails.

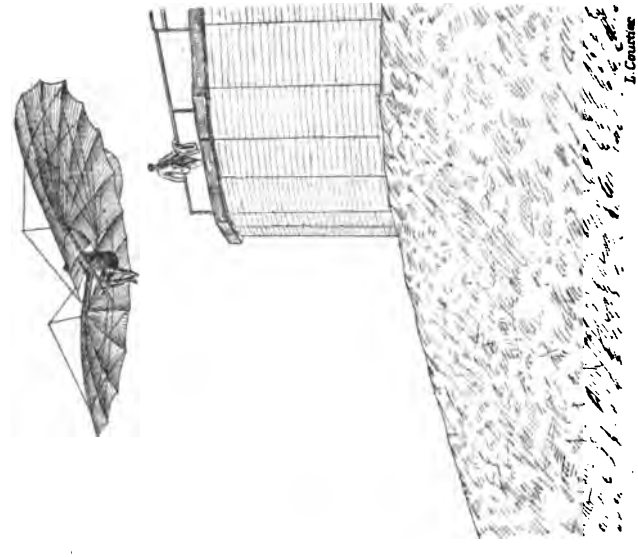


Fig. 19.

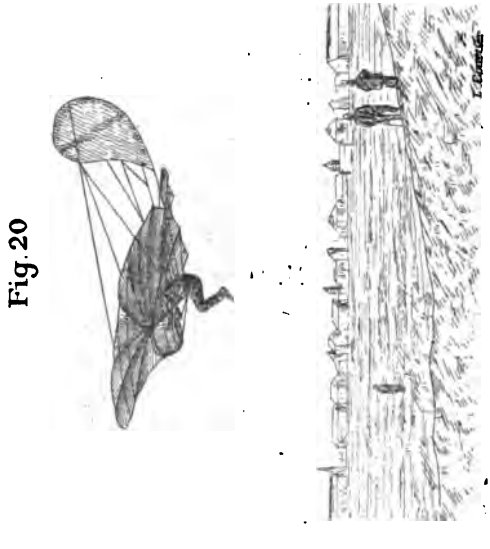


Fig. 20

Ces réserves nécessaires étant faites, je suis le premier à reconnaître l'intérêt des expériences de M. Otto Lilienthal. Son appareil fig. 19 et 20) se composait essentiellement de deux surfaces légè-

rement concaves vers le sol, qui formaient en quelque sorte les ailes de la machine. Elles se raccordaient du milieu jusqu'à l'arrière, mais étaient séparées à l'avant par une large échancrure où se plaçait l'aéronaute. Elles étaient constituées par une ossature en osier recouverte de toile, et rappelaient la voilure des chauves-souris. A l'arrière se trouvait un grand gouvernail vertical, qu'on a inexactement comparé à la queue des oiseaux ; il pourrait être plus justement assimilé à la queue des poissons, et c'est à celle des oiseaux qu'il faudrait comparer les deux petits gouvernails horizontaux dont était munie la machine un peu en avant du grand gouvernail vertical. L'aéronaute, placé dans l'échancrure, s'appuyait par les bras dans des gouttières garnies, tandis que ses mains tenaient solidement une barre transversale. La surface totale était de 14 m^2, le poids de 20 *kg*.

Étant donnée la vitesse modérée de l'appareil, il était nécessaire de tenir compte du vent et de se lancer contre lui ; en outre, l'aéronaute devait, en portant ses jambes en avant ou en arrière, déplacer convenablement le centre de gravité du système.

M. Otto Lilienthal fit son éducation de gymnaste aérien en s'élançant de la plate-forme d'une tour dominant de 10 *m* un tumulus situé dans une plaine des environs de Berlin. Il put ainsi parcourir 50 *m* environ, descendant sous un angle de 10 à 15°. Les figures précédentes sont les reproductions de photographies instantanées, qui constituent d'irréfutables documents.

Après de nombreuses expériences faites dans ces conditions, M. Lilienthal se jeta d'une colline de 80 *m* et parcourut ainsi une distance de 250 *m* environ. Dans ces nouveaux essais, il fut amené à modifier sa machine dont la voilure se composa de deux grandes ailes latérales mesurant 16 *m* d'envergure et d'un aéroplane supérieur, le tout formé d'une étoffe mince et solide, à ce point tendue sur un châssis de bambou qu'elle résonnait comme un tambour quand on la frappait légèrement. A l'arrière, un plan horizontal et un plan vertical réunis à l'extrémité d'un long bambou formaient double gouvernail. La surface était de 24 m^2. Ces modifications ont été critiquées, sans doute parce que c'est avec ce dernier appareil que l'inventeur a trouvé la mort. Pour ma part, je les trouve judicieuses, car elles avaient pour effet d'augmenter le couple de rappel et de simplifier la manœuvre du gouvernail.

Les chutes de M. Lilienthal sont fort curieuses, et voici le récit qu'en donne un témoin oculaire : « Lilienthal fit trois pas

rapides en avant ; aussitôt soulevé du sol, il quitta presque horizontalement le sommet de la colline, et passa au-dessus de ma tête avec une grande rapidité à une hauteur d'environ 15 *m*. Le vent faisait résonner étrangement les cordages tendus de la machine.... Tout à coup elle dévia vers la gauche, un peu obliquement par rapport au vent. Cette déviation fut très rapide et l'appareil se pencha fortement de côté, comme si une rafale soudaine l'avait frappé sous l'aile gauche. Pendant un instant, je pus voir le dessus de l'aéroplane, mais aussitôt Lilienthal, d'un énergique mouvement de jambes, rétablit l'équilibre, et traversa les prairies situées au bas de la colline, effleurant le haut des meules de foin au-dessus desquelles il passait. A un pied du sol, il projeta ses jambes en avant, et la machine, frappée franchement au-dessous des ailes, s'arrêta instantanément malgré sa grande vitesse. Je courus après l'aéronaute et le trouvai tout haletant d'émotion et de fatigue... »

Huit jours après l'expérience qui vient d'être décrite, Lilienthal ne réussit pas à contre-balancer une forte embardée qui inclina sa machine de telle sorte qu'elle était frappée en dessus. L'aéroplane fut précipité vers le sol, contre lequel il vint piquer une tête ; le hardi expérimentateur fut tué ; il en était à sa 2 000e expérience.

Je répète que l'appareil de M. Lilienthal ne saurait être, ni de près ni de loin, considéré comme un navire aérien. C'est un parachute spécial, habilement construit et audacieusement employé, qui démontre l'utilité de la voilure dans les descentes suivant des plans très inclinés. Avec un navire aérien, on aura la possibilité d'atténuer les dangers de l'atterrissage en modifiant l'angle de la voilure et la vitesse du moteur dans les derniers moments, par une manœuvre analogue à celle des oiseaux lorsqu'après une chute prolongée sous un angle très faible ils donnent près du sol cinq ou six vigoureux battements d'ailes, le corps presque vertical, afin de détruire complètement leur vitesse.

II. — Considérations sur l'aéroplane-navire.

Nous avons fixé notre choix sur l'aéroplane dont la voilure n'a pas de battements, et qui est entraîné par une hélice qu'actionne un moteur. C'est l'étude d'un appareil ainsi compris que nous allons aborder. Dans cet examen forcément sommaire, j'entends ne me placer qu'au point de vue du navire aérien, c'est-à-dire d'une machine capable de transporter des voyageurs dans des

conditions raisonnables de sécurité, d'habitabilité et de durée. C'est le seul point de vue qui ait un véritable intérêt pour l'Ingénieur. Au reste, entre les aéroplanes de très faibles dimensions et ceux que nous considérons, entre ce que j'ai appelé les aéroplanes-oiseaux et les aéroplanes-navires, existeront des différences de même ordre qu'entre les locomotives d'enfants, mues par des ressorts en caoutchouc ou de très faibles moteurs, et les locomotives des voies ferrées. Aussi, tout en rendant hommage aux essais de constructeurs ingénieux, tels que Hureau de Villeneuve, Tatin, Pichancourt, Ader, Hargrave, dont l'oiseau sans hélice est vraiment remarquable ; Pénaud, qui a essayé de reproduire les gauchissements de l'aile; Langley, qui obtenait cette année même le plus long parcours, etc., je passerai sous silence ces essais d'oiseaux mécaniques de plus ou moins grandes dimensions et d'un vol toujours éphémère.

Je laisserai aussi de côté les nombreux aéroplanes-navires qui ont été projetés ou même exécutés avec une incompétence manifeste et une profonde ignorance des lois de l'Aviation ainsi que des conditions spéciales que doit remplir un navire portant des passagers. Quand une question est à l'état embryonnaire, et c'est malheureusement le cas, on a mieux à faire que de puiser dans les encyclopédies ou dans les revues les éléments d'un exposé long et fastidieux. A cette besogne facile je préfère la recherche des difficultés intangibles du problème, et de celles qui sont purement relatives au contraire parce qu'elles résultent de l'état actuel de la science ; je préfère l'examen plus approfondi des rares appareils qui valent la peine d'être analysés devant un auditoire d'Ingénieurs, et l'exposé, comme complément de cet examen, de la théorie du navire. Alors nous aurons une idée nette de la question ; nous verrons la cause des insuccès passés, et nous apercevrons dans quelles limites on peut escompter les succès à venir ; nous aurons des critériums certains pour nous reconnaître dans ce fatras d'inventions que fait éclore la fièvre de la locomotion aérienne.

Le type de navire auquel nous avons été conduits est précisément celui-là même qui s'était présenté à nous comme la suite logique du ballon dirigeable lorsque ce dernier se sera éliminé de lui-même par ses propres progrès. Il y a plus, Messieurs ; l'aéroplane, considéré comme le prolongement du ballon dirigeable, aurait les mêmes dispositions essentielles que ce dernier : nacelle distincte de l'appareil sustentateur, centre de gravité

placé suffisamment au-dessous du centre de poussée, rigidité du système formé par la voilure, la suspension et la nacelle, sous la réserve toutefois qu'on pourra modifier l'angle d'attaque, etc. Or, nous arrivons aux mêmes conclusions si nous considérons les conditions qu'imposent la sécurité et l'habitabilité. Par suite, qu'on prenne soit le ballon dirigeable, où la sustentation est indépendante de la propulsion, soit l'aéroplane, où la sustentation résulte de la propulsion, soit une solution intermédiaire, l'aéroplane mixte, où le ballon est coupé par un plan rigide que frappe le courant aérien : le navire est toujours du même type, à l'appareil sustentateur près. Je viens de vous parler de l'aéroplane mixte; dans un exposé didactique comme celui-ci, j'ai pensé qu'il était superflu d'étudier spécialement cet appareil intéressant puisqu'il participe à la fois du ballon dirigeable, dont je vous ai entretenus il y a quelques années, et de l'aéroplane, dont je vais faire l'étude.

Ainsi donc, deux analyses différentes résultant, l'une des conditions faites au moins lourd que l'air par l'augmentation continue de la vitesse, l'autre de l'examen direct du plus lourd que l'air, nous amènent à adopter l'aéroplane sans battements constitué, en ce qui concerne l'ensemble du navire, comme un ballon dirigeable.

Il importe dès maintenant de nous débarrasser de deux idées fausses et cependant presque universellement répandues, même chez des savants distingués : 1° la résistance à l'avancement, très élevée dans le ballon dirigeable, deviendrait insignifiante avec l'aéroplane; 2° le pouvoir sustentateur, — qui exige avec le moins lourd que l'air des ballons considérables dès que la charge est un peu lourde, puisque la force ascensionnelle de l'hydrogène est de 1 *kg* environ par mètre cube, — s'obtiendrait aisément avec des plans inclinés, même de dimensions réduites: il suffirait de donner aux navires une grande vitesse de translation, car le pouvoir sustentateur est proportionnel au carré de la vitesse et, d'après Langley, « plus grande est la vitesse, moindre est la puissance nécessaire pour entretenir le vol ». Ces idées, qui séduisent dans l'aéroplane, s'évanouissent malheureusement dès qu'on regarde la question de près.

Résistance a l'avancement.

Il est exact que dans l'oiseau, et jusqu'à un certain point dans les aéroplanes-oiseaux, la résistance à l'avancement est très faible; mais dans les aéroplanes-navires cette résistance serait du même ordre que dans le ballon dirigeable, à égalité de vitesse, de parcours et de poids utiles. Prenons en effet, pour fixer les idées, le tableau où Dupuy de Lôme a évalué la résistance à l'avancement des diverses parties de son dirigeable à la vitesse de 2,22 *m* par seconde. Le célèbre ingénieur a donné les nombres suivants :

Ballon sans filet		3,830 *kg*
Nacelle	0,432	
Saillie du corps des hommes	0,400	
Tuyaux à hydrogène et à air	0,850	= 7,201 *kg*
Petit cordonnet des filets .	3,325	
Cordes fortes des suspentes et des balancines. . . .	2,194	
Résistance totale . . .		11,031 *kg*

Ainsi la résistance des parties autres que le ballon était les 2/3 environ de la résistance totale ; en sorte qu'en remplaçant le ballon par une surface sustentatrice et en négligeant la résistance à l'avancement de cette surface, on n'eût diminué la résistance, pour le type *Dupuy-de-Lôme*, que du 1/3 de sa valeur. En pratique, ce résultat ne serait même pas atteint, car l'aéroplane comporte des haubannages plus compliqués qu'un ballon dirigeable, et le tableau précédent montre que ces haubannages entrent pour une grande part dans la résistance à l'avancement. De plus, il faut à l'aéroplane des appareils spéciaux pour la mise en marche, le maintien automatique de l'horizontalité en cours de route, la stabilité et l'atterrissage. Tous ces organes augmentent soit la résistance à l'avancement, soit le poids mort de l'appareil.

La grande résistance à l'avancement des parties autres que la surface sustentatrice a une importance capitale : en effet, le travail nécessaire au déplacement de cette surface diminue bien avec la vitesse, ainsi que Langley l'a observé et que Borda l'avait pressenti, mais le travail à développer pour vaincre la résistance

à l'avancement des autres parties est proportionnel à V^3. Or si, chez l'oiseau, ces deux travaux sont de grandeur comparable et donnent même un travail total minimum pour le planement à une certaine vitesse, par contre, en l'état présent de l'Aviation, le second l'emporte de beaucoup sur le premier dans l'aéroplane-navire tel que nous avons été amenés à le concevoir : de sorte que les bénéfices de la loi de Langley sont absorbés, et qu'on peut actuellement considérer cet aéroplane comme soumis à la loi générale des appareils de transport, qui développent un travail proportionnel au cube de la vitesse.

Je vais montrer maintenant que la réalisation des aéroplanes-navires, alors même qu'ils ont un poids utile et une durée de parcours très faibles, est extrêmement délicate, parce que l'inventeur est enfermé dans le dilemme suivant : aux vitesses modérées, la voilure doit avoir une faible inclinaison et de très grandes dimensions dès que le poids utile dépasse celui d'un passager; aux grandes vitesses, la voilure a des dimensions plus pratiques, mais son inclinaison est beaucoup plus faible, et l'on court le danger, si une cause quelconque la fait légèrement fléchir, qu'elle devienne négative, ce qui précipiterait l'aéroplane à terre; de sorte qu'on ne fait que déplacer, en l'accentuant, la difficulté du problème. C'est ce qui résulte des diverses propositions qui vont suivre, propositions exclusivement basées sur des données expérimentales.

Considérations sur la surface de la voilure.

D'après les expériences de Langley sur le planement avec des voilures rigides et carrées, j'ai établi le tableau suivant où $s = \frac{S}{P}$ désigne la surface alaire par unité de poids soulevé, p le poids que S peut supporter par cheval dépensé, i l'inclinaison du plan et V la vitesse :

i degrés.	V mètres par seconde.	s mètres carrés par kilogramme.	p kilogrammes.
2	20	0,186	93,8
5	15,2	id.	54,9
10	12,4	id.	34,3
15	11,2	id.	26,1

Or, soient P le poids total d'un aéroplane, P_1 le poids de l'aéro-

plane non compris le moteur et les approvisionnements, ϖ le poids par cheval du moteur avec h heures d'approvisionnements, n le nombre de chevaux sur l'arbre nécessaires pour produire le planement avec une voilure rigide et carrée de surface S à la vitesse V, Kn le nombre de chevaux du moteur.

$$P = P_1 + Kn\varpi$$

$$P = n\,p$$

d'où, en éliminant n : $$P_1 = P\,\frac{p - K\varpi}{p};$$

par suite $$S = s\,\frac{p}{p - K\varpi}\,P_1.$$

Prenons $K\varpi = 50\ kg$ avec 1 heure d'approvisionnements. Si l'on évalue à 25 0/0 la perte d'énergie due au recul de l'hélice et aux transmissions, cela fait $50 \times 0{,}75 = 37{,}5\ kg$ pour le poids par cheval du moteur ; d'après ce que j'ai dit des moteurs légers dans ma communication sur la direction des ballons et d'après ce qui va en être dit plus loin, on peut se convaincre que c'est là une valeur optimiste, qui ne sera sans doute atteinte qu'après de très grands progrès.

Négligeons, pour un instant, la résistance à l'avancement du filet et de la nacelle, et cherchons, avec cette valeur de ϖ, quelles seraient, d'après le tableau précédent, les surfaces S nécessaires pour porter un homme pendant une heure ; nous prendrons $75\ kg$ pour le poids de l'homme, et $25\ kg$ seulement pour le poids de l'aéroplane sans l'homme ni le moteur.

Pour $i = 2°$ et $V = 20\ m$ on trouve $S = 40\ m^2$ environ,
— 5 — 15,2 — 200 —

Pour les valeurs de i supérieures à 5° et les vitesses correspondantes inscrites au tableau, la sustentation n'est plus possible, puisque l'on a $p < \varpi$.

On pourrait objecter que les expériences de Langley ont été faites sur des plans de 0,305 m de côté, et que la réaction de l'air sur des surfaces géométriquement semblables croît plus vite que la surface : d'après Hutton, elle est proportionnelle à $S^{1,1}$; cela réduirait un peu les valeurs que nous venons de trouver. On pourrait objecter encore qu'on serait dans de meilleures conditions avec une voilure allongée dans le sens transversal et d'une courbure analogue à la courbure des ailes de l'oiseau. D'après les expériences que Maxim et Phillips ont faites sur de

semblables voilures, rigides et de petites dimensions, ainsi que le plan de Langley, il ne semble pas qu'on obtienne ainsi une surface notablement inférieure.

Au reste, la légère diminution de surface qui pourrait résulter de ces faits disparaît devant l'augmentation considérable qu'il faut donner à la surface dès qu'on rétablit la résistance R à l'avancement des surfaces sustentatrices. Ainsi, avec le poids très faible que j'ai admis pour le moteur, le transport d'un homme à la vitesse de 15 *m* — vitesse accessible aux ballons dirigeables — exige que l'inclinaison d'une voilure de 200 m^2 ne dépasse pas 5°. Mais cette surface de 200 m^2 suppose R = *o* ; elle devrait être augmentée de la surface capable de porter un supplément de force motrice de $\frac{RV}{0,75}$ *kgm*.

Pour se convaincre qu'au contraire la voilure des oiseaux leur suffit amplement, même aux vitesses modérées qu'ils pratiquent, et que la dépense d'énergie du vol est petite, il n'y a qu'à admettre pour eux une résistance R insignifiante. Ainsi, prenons l'exemple du néophron percnoptère, qui est un remarquable planeur. Les tableaux de Mouillard montrent (p. 209) qu'à la vitesse de 20 *m* cet oiseau n'a pas besoin de développer toute sa voilure et qu'il la réduit de 0,34 à 0,26 *m q*. Son poids étant 1,740 *kg*, on a $s = \frac{0,26}{1,740} = 0,15$. V et S correspondent sensiblement, d'après le tableau des expériences de Langley, à $i = 2°$ et $p = 93,8$ *kg*. L'énergie nécessaire au vol du percnoptère serait donc $\frac{75}{93,8} = 0,8$ *kgm* par kilogramme du volateur. Avec le pigeon sauvage on a, pour V = 20 *m*, $s = \frac{0,041}{0,257} = 0,16$, et l'on peut encore prendre sensensiblement $p = 93,8$ *kg*, d'où une dépense de 0,8 *kgm* par kilogramme. En réalité, ces résultats sont plutôt trop élevés parce que la réaction de l'air est plus grande sur l'aile que sur les plans carrés. Par suite, il y a concordance entre les nombres que nous obtenons et celui qu'a indiqué le docteur Richet, pour un pigeon domestique, à l'aide de la méthode chimique.

L'aéroplane-navire est donc bien différent de l'oiseau ; son poids utile est beaucoup plus grand, et le centre de gravité doit, pour la stabilité et l'habitabilité, se trouver notablement au-dessous de la surface sustentatrice, ce qui nécessite un dispositif qui donne une grande résistance à l'avancement ; enfin la voilure, à cause

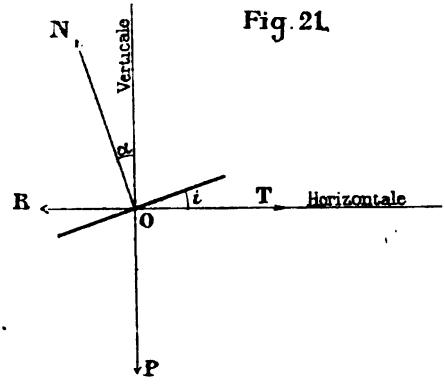
de sa faible inclinaison et de ses grandes dimensions, ne peut être facilement maintenue au-dessus de la trajectoire. Aussi, bien que, chez l'oiseau, le propulseur et le moteur soient certainement inférieurs à ceux que l'homme sait dès maintenant construire; bien que, en d'autres termes, on puisse faire et on ait fait plus léger que la nature, on se heurte à des difficultés qu'elle n'avait pas à vaincre ou qu'elle n'a pas affrontées ; c'est ainsi qu'il n'existe pas d'oiseau volant qui ait un poids égal à celui d'une machine capable de transporter un homme pendant un certain temps.

Considérations sur l'inclinaison de la voilure.

J'ai montré que l'inclinaison de la voilure joue pratiquement un grand rôle. En raison de cette importance je vais l'évaluer directement.

Pour être véritablement un navire aérien, l'aéroplane doit pouvoir se déplacer sans descendre, avec une vitesse constante, ou du moins avec une vitesse qui ne décroitra que d'une façon insensible. Ecrivons donc qu'un aéroplane, pour lequel la réaction de l'air fait avec la verticale l'angle α, se meut horizontalement avec une vitesse constante V. Soient *(fig. 21)* : P le poids total du navire aérien, T la traction de l'hélice, N la réaction de l'air sur la surface sustentatrice, R la résistance à l'avancement des autres parties de l'aéroplane, résistance dirigée en sens inverse du mouvement. L'appareil étant en équilibre, les forces P, T, N et R peuvent être supposées appliquées en un point quelconque O lié invariablement au système ; de plus, comme la vitesse est constante, on a :

Fig. 21.



$$N \sin \alpha = T - R \quad \text{par projection sur l'horizon}$$
$$N \cos \alpha = P \quad — \quad — \quad \text{la verticale}$$

d'où $$\operatorname{tg} \alpha = \frac{T - R}{P}.$$

Comme T ne dépend que du moteur et du propulseur, R des parties non sustentatrices et de la vitesse, et que d'ailleurs la surface de sustentation n'entre que pour un faible poids dans P, on voit que la relation précédente peut être calculée indépendamment de la voilure. Aussi, bien qu'on n'ait pas encore construit d'aéroplane-navire ayant pu voler, cette circonstance va nous permettre de tirer des conclusions intéressantes en comparant, à la même vitesse, l'aéroplane et le ballon dirigeable, pour lequel les mesures effectuées pendant les sorties de Chalais nous donnent des bases d'appréciation certaines. Il nous suffira de composer de la même facon, comme moteur et comme poids utile soulevé, la nacelle de chacun de ces navires.

Considérons donc : 1° le dirigeable *la France*, qui pouvait évoluer pendant une heure environ à la vitesse propre de $6\,m$ par seconde, 2° l'aéroplane qui dérive de ce dirigeable quand on remplace le ballon par une voilure convenable, lui permettant de se soutenir horizontalement à la dite vitesse. Nous affecterons de l'indice b les quantités qui se rapportent au ballon et de l'indice a celles qui se rapportent à l'aéroplane, lorsque ces quantités seront différentes.

De nombreuses mesures faites sur le dirigeable *la France* montrèrent que la résistance à l'avancement et le travail sur l'arbre étaient donnés par les formules :

$$R_b = 0{,}0215\ S\ V^2,$$

$$\mathfrak{C} = 0{,}0415\ S\ V^3.$$

Admettons que, du fait de la suppression du ballon, la résistance à l'avancement de l'aéroplane soit diminuée du tiers, comme dans le ballon de Dupuy de Lôme. C'est là une hypothèse optimiste, car d'une part la voilure oppose à l'avancement une résistance qui n'est pas négligeable, et d'autre part la suspension de l'aréoplane exigerait à coup sûr un haubannage plus compliqué que celui de *la France*, où les balancines, fort peu nombreuses, dessinaient deux plans parallèles à la route suivie. Dans cette hypothèse, on aurait :

$$R_a = \frac{2}{3} R_b = \frac{2}{3} \frac{215}{415} \frac{\mathfrak{C}}{V} = \frac{T}{3};$$

d'où

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{3} \frac{T}{P_a};$$

or, dans une des expériences, on trouva pour la traction du ballon :

$$T = 27\,800\,kg \text{ avec } V = 5{,}50\,m \text{ et } \mathfrak{C} = 2\,ch\ 1/3.$$

A la vitesse de 6 *m*, et en utilisant toute la puissance du moteur, on aurait sensiblement, d'après ce qui a été dit sur T et $\mathfrak{C}$:

$$T = 27{,}8\,\frac{6}{5.5}\,\frac{9}{2{,}33} = 118\,kg.$$

D'autre part, en retranchant de P_b le poids du ballon proprement dit et celui du lest, on aurait :

$P_a = 1\,150\,kg$ (appareils mécaniques) $+ 225\,kg$ (3 aéronautes)
$= 1\,375\,kg$,

d'où
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2}{3}\,\frac{118}{1\,375} = 0{,}057,$$

$$\alpha = 3^\circ \text{ environ.}$$

Or α, angle de la réaction N avec la verticale, est intimement lié à l'inclinaison générale i de l'aéroplane, c'est-à-dire à l'angle moyen de la voilure avec la route suivie. Si cette voilure est plane, comme N lui est perpendiculaire, on a :

$$i = \alpha.$$

Le pilote d'un aéroplane-navire, typè *la France*, à voilure plane, devrait donc, pour marcher à la vitesse de 6 *m*, maintenir l'inclinaison sous un angle i de 3°. Or, je le répète, non seulement il ne pourra pas conserver à la voilure une inclinaison fixe, mais il aura même les plus grandes difficultés à ce qu'elle ne puisse pas devenir négative accidentellement, car cette voilure présente une grande surface et n'a qu'une rigidité très relative, puisqu'elle est composée de matériaux légers et déformables. On s'en convainc aisément si l'on se rappelle que le dirigeable de Châlais, — qui avait une remarquable stabilité bien difficile à réaliser avec le type aéroplane, — était néanmoins soumis à des oscillations longitudinales de près de 3°.

L'inclinaison de l'aéroplane serait, il est vrai, un peu moins faible avec des surfaces légèrement concaves, puisqu'alors :

$$i > \alpha.$$

Mais il faudrait avoir la certitude que la force N calculée pour une semblable voilure ne se modifiât pas sensiblement en cours

de route, ni comme grandeur ni comme direction, par suite des déformations possibles de la surface sustentatrice. Si donc on ne découvre pas le moyen d'assurer la permanence de forme et d'inclinaison de cette surface, il sera prudent de calculer la réaction et l'inclinaison comme si la voilure était plane sans quoi on s'exposerait aux plus graves mécomptes avec les surfaces considérables et flexibles qu'on est obligé d'employer. D'ailleurs, la concavité n'augmenterait pas beaucoup la valeur de i.

Cette comparaison du ballon dirigeable et de l'aéroplane de mêmes caractéristiques n'a été faite que pour montrer combien seraient minimes, même aux faibles vitesses, les fléchissements acceptables pour l'inclinaison. Ces faibles vitesses, possibles pour des aéroplanes-oiseaux, ne sont du reste plus en question dès qu'il s'agit d'aéroplanes-navires capables de transporter plusieurs passagers, car elles conduiraient à d'invraisemblables surfaces. Dans ces conditions, il faut obtenir une très grande vitesse; mais alors l'angle i est encore plus faible puisqu'on a aux petites inclinaisons, comme l'expérience l'a montré :

$$P = N = l S V^2 i.$$

En résumé, on voit :

1° Que les aéroplanes auront pour la vitesse unité une résistance à l'avancement du même ordre que les ballons dirigeables; on a vu les conséquences qui en résultent pour le travail;

2° Que si leur voilure est relativement faible, elle devra être extrêmement peu inclinée, ce qui constitue un grave danger; que si, au contraire, on cherche à donner à l'inclinaison une valeur raisonnable, la vitesse est moindre et la surface atteint une valeur qui ne sera possible que pour des poids utiles actuellement inférieurs à celui d'un unique passager.

Il faut donc réaliser d'énormes progrès dans la légèreté, particulièrement pour les moteurs; diminuer le plus possible la résistance en simplifiant les haubannages, en faisant une nacelle fermée et d'une forme rationnelle; assurer la permanence de l'inclinaison; substituer au plan une surface ou un jeu de surfaces qui augmente la réaction et lui donne une direction convenable. Et je ne parle pas d'autres conditions également nécessaires en pratique, essor facile, stabilité en cours de route, atterrissage peu dangereux.

La plupart de ces progrès, qui un jour rendront possible l'emploi de l'aéroplane-navire, auront permis depuis longtemps d'em-

ployer utilement le ballon dirigeable, qui existe actuellement, et qu'il ne reste plus qu'à perfectionner.

Telles sont les considérations que je tenais à vous présenter. J'ai pensé qu'il y avait intérêt à retenir un peu longuement votre attention sur elles, parce que vous ne les trouverez pas dans les écrits sur l'Aviation ; vous y lirez au contraire des conclusions absolument opposées ; vous verrez proclamer l'énorme supériorité de l'aéroplane sur le ballon dirigeable, et, chose regrettable, vous apercevrez, au bas de ces écrits, la signature d'hommes distingués, comme l'Ingénieur Hiram Maxim et comme le professeur Langley, correspondant de l'Institut. Maxim a construit un aéroplane-navire, remarquable à beaucoup d'égards ; mais cet appareil donnerait une résistance à l'avancement considérable pour la vitesse unité, et cependant l'inventeur n'a prévu rien moins que 160 *km* à l'heure : il est vrai que c'était la vitesse maximum ! L'angle d'attaque de 1/13, déterminé d'après de petits aéroplanes d'essais, n'eût pas convenu à l'aéroplane-navire, qui se trouve dans des conditions très différentes. Quant à Langley, ses expériences d'Aérodynamique, d'ailleurs fort bien combinées, ont été faites sur des plans de 10 dm^2 environ ; il n'a pas craint, par une tendance malheureusement trop fréquente chez ceux qui s'adonnent volontiers aux études spéculatives, de transporter tels quels ses résultats dans le domaine de la pratique : « Avec un angle d'attaque de 2° et une vitesse de 20 *m* par seconde, disait-il, un plan incliné soutiendra plus de 90 *kg* par cheval. Or, on peut actuellement construire des machines qui, y compris la chaudière, ne pèsent que le dixième de ce poids... D'autre part, plus grande est la vitesse, moindre est la puissance nécessaire pour entretenir le vol. Celle-ci est donc possible à de grandes vitesses avec les moyens mécaniques dont nous disposons. » Les prémisses de ce raisonnement peuvent être exactes pour un plan isolé de 10 dm^2 ; la conclusion, lorsqu'elle se rapporte au navire aérien, est, nous l'avons vu, absolument erronée.

III. — Aéroplanes Maxim.

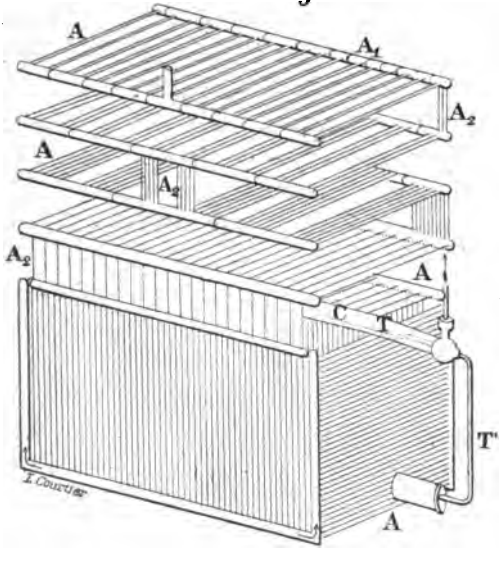
Avant de poursuivre l'étude de l'aéroplane, je désire vous montrer comment M. Maxim, qui est un constructeur éminent, a tenté de réaliser ce navire, précisément avec la voilure immobile dont j'ai recommandé l'emploi. Les différents types qu'il a créés

sont, chose rare, des aéroplanes-navires véritablement sérieux. Défectueux à certains égards, ils sont admirablement conçus comme légèreté, et ils feront époque non seulement dans l'histoire de l'Aviation, mais encore dans celle des moteurs légers : ils sollicitent donc votre attention. En particulier, la machinerie est remarquable. Je m'attacherai surtout à vous décrire le générateur, car c'est principalement cet organe qu'il convient d'étudier de près quand on cherche à alléger les moteurs.

Générateur.

Le générateur Maxim est entièrement tubulaire, et sans réserve d'eau. Le réseau se compose *(fig. 22)* d'une série de grilles horizontales formées par un grand nombre de tubes très minces A qui débouchent dans des collecteurs A_1 d'un diamètre plus élevé. Ces grilles sont réunies par des tubes verticaux A_2 situés alternativement à droite et à gauche du générateur : ceux de droite font communiquer les collecteurs A_1 par leurs extrémités, ceux de gauche les font communiquer par leur partie centrale. Les grilles inférieures forment un parallélipipède qui constitue la chambre de combustion au-dessus de laquelle se trouve le collecteur général C.

Fig. 22



Le liquide vaporisé est de l'eau distillée. Cette eau, refoulée par une pompe, pénètre dans le générateur par le haut. Grâce au cloisonnement des tubes A, elle se répand dans la grille horizontale supérieure où elle commence à entrer en ébullition. Dans cette première grille, le mélange d'eau et de vapeur circule en divergeant du tuyau d'amenée aux extrémités du collecteur opposé ; dans la seconde, il circule en convergeant des extré-

mités de ce dernier collecteur au collecteur suivant, et ainsi de suite. Le mélange devient de plus en plus riche en vapeur et pénètre dans les grilles qui forment les parois de la chambre de combustion. Après les avoir toutes parcourues, il arrive au collecteur C, situé en plein foyer, où il est à l'état de vapeur saturée. Cette vapeur se rend aux cylindres de deux machines compound qui actionnent chacune une hélice; de là, elle va dans un aéro-condenseur formé par un réseau de nombreux tubes minces et légers disposés sur l'aéroplane principal, et refroidis par la translation même de l'appareil. L'eau condensée retourne ensuite à la pompe d'alimentation qui la refoule dans le générateur.

Le combustible est un hydrocarbure liquide, refoulé par une pompe dans un serpentin placé dans le générateur même. La vapeur d'hydrocarbure ainsi produite ne se mélange à l'air que dans un ajutage tronconique où pénètre un bouchon qui permet de régler l'admission d'air. L'air carburé se rend ensuite dans une grille percée d'un très grand nombre de becs.

Les gaz de la combustion suivent un chemin inverse de la vapeur d'eau. Après s'être répandus dans le parallélipipède inférieur, ils chauffent successivement les grilles horizontales et s'échapperaient rapidement dans la cheminée, grâce au tirage énergique que produirait la translation de l'aéroplane..... si cet aéroplane volait !

La section des tubes de la chaudière augmente depuis l'injection d'eau jusqu'au collecteur. Jamais elle n'est assez grande pour permettre à l'eau et à la vapeur de se séparer nettement. Par suite, le mélange est entraîné en bloc dans le réseau tubulaire; son passage dans ce réseau long et étroit produit des frottements, et par conséquent une perte de charge assez élevée entre l'injection d'eau et les cylindres. La section collective de ce passage est, aux différents points de la chaudière, proportionnelle à la quantité de vapeur contenue dans le mélange; elle croît donc depuis l'injection jusqu'au collecteur : il en résulte que d'une part l'espace réservé à la vapeur augmente, et que d'autre part la perte de charge diminue avec la vaporisation de l'eau et la surchauffe de la vapeur. C'est, vous le savez, le dispositif employé dans le générateur Serpollet.

Mais la chaudière Maxim se distingue de la chaudière Serpollet par des caractères essentiels. Celle-ci se compose d'un réseau beaucoup moins long, formé de tubes très épais qui servent de

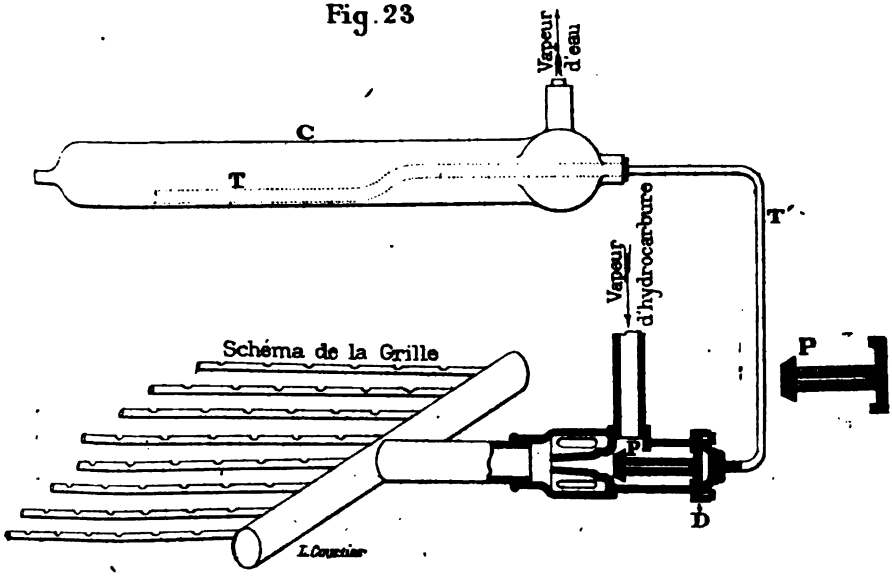
réservoir au calorique, et sont portés à une température élevée ; l'eau s'y vaporise instantanément, et, pour éviter l'état sphéroïdal, elle est laminée dans une section dont l'épaisseur varie entre 1 *mm* à l'injection d'eau, et 3 *mm* à la sortie de la vapeur. Cette chaudière eût été trop lourde pour les besoins de la navigation aérienne. Le générateur Maxim se compose au contraire d'un réseau très long, formé de tubes minces, qui ne sauraient servir de réservoir au calorique, mais par contre lui présentent une très grande perméabilité ; ces tubes, d'après l'inventeur, restent à basse température. L'eau, rapidement entraînée, se vaporise presque instantanément sans qu'il y ait à redouter l'état sphéroïdal : aussi les tubes ne sont-ils pas capillaires ; ils sont simplement à faible section, afin d'augmenter la surface de chauffe, qui est considérable, étant données cette faible section et la longueur du réseau. La surface de chauffe est encore accrue par un grand nombre de plaques conductrices très minces, en cuivre pur, soudées à l'argent perpendiculairement aux tubes du générateur ; ces plaques rappellent les ailettes des tubes Serve, sinon par leur dispositif, au moins par leur but. Le générateur Maxim est donc un générateur à haute pression, à vaporisation instantanée, à basse température de parois, et à circulation rapide d'une très petite quantité d'eau.

On conçoit combien il est nécessaire, dans une chaudière ainsi conçue, d'éviter le surchauffage, puisque les tubes ne sauraient, sans danger, emmagasiner de la chaleur, comme dans les éléments Serpollet, et que l'eau est en trop petite quantité pour jouer ce rôle, ne fût-ce que quelques instants. Il faut donc que la proportion de combustible et d'eau admis dans la chaudière soit réglée automatiquement. A cet effet, il se trouve dans le collecteur C, c'est-à-dire dans une des parties les plus chaudes, un tube T *(fig. 22 et 23)* fermé à l'extrémité qui plonge dans ce collecteur, et muni d'un diaphragme D à l'extrémité du tube T′ qui le prolonge ; il est rempli d'un mélange de glycérine et d'eau. Dès qu'il y a danger de surchauffage, la dilatation du liquide pousse le diaphragme ; celui-ci fait avancer la pointe tronconique P dans l'ajutage qui se trouve à la sortie du serpentin où l'hydrocarbure se vaporise. L'admission de la vapeur d'hydrocarbure est donc diminuée ; toutefois, ce système ne modifie pas l'alimentation en hydrocarbure liquide, et il pourrait en résulter, au bout de quelques instants, un danger pour le serpentin. Aussi la pompe à hydrocarbure liquide est-elle

munie d'une soupape de sûreté : dès que le liquide arrive en excès, il s'échappe et retourne au réservoir.

Non seulement l'admission du combustible est réglée de façon à éviter le surchauffage, mais encore cette admission et celle de l'eau sont commandées de telle sorte qu'on peut : ou bien faire promptement varier la puissance motrice dans des proportions notables ; ou bien lui donner des variations légères et automatiques en vue de rendre le surchauffage impossible. J'ai décrit au tableau les dispositifs imaginés pour obtenir ces résultats ; je ne les reproduis pas ici, afin d'alléger ce mémoire. L'appareil qui produit les petites variations automatiques du travail a été

Fig. 23



combiné de façon à maintenir l'aéroplane dans une surface isobare, c'est-à-dire à une altitude sensiblement constante.

Les dispositifs pour éviter le surchauffage n'agissent pas instantanément. C'est pourquoi M. Maxim a réglé l'alimentation de façon que l'eau refoulée au générateur excède de 2 à 3 0/0 la quantité qui peut être vaporisée par le combustible refoulé en même temps ; la vapeur arrive donc saturée aux cylindres.

Après cette description, que j'ai condensée autant que possible, il me reste à vous donner quelques chiffres. Dans l'aéroplane Maxim de 1889, le générateur vide et sans son enveloppe pesait 160 *kg* pour une puissance normale effective de 100 *ch*, soit 1,6 *kg* par cheval. Les tubes étaient en acier doux d'une grande résis-

tance, les plaques conductrices en cuivre rouge ; il y avait 48 000 soudures à l'argent des tubes entre eux ou des plaques conductrices sur les tubes. La pression d'épreuve atteignit 63 *kg* par centimètre carré ; la pression normale était de 15 à 25 *kg*. La grille, de 3,72 m^2, avait 45 000 becs, produisant, écrit M. Maxim, une chaleur terrifiante. Cependant les tubes, au dire du constructeur, étaient maintenus à basse température, grâce à la circulation rapide et continue du liquide, grâce aussi au réglage automatique entre l'admission du combustible et la consommation de vapeur saturée. J'enregistre cette assertion sous toutes réserves ; je pense même que la température des tubes qui forment la chambre de combustion devait être très élevée ; et je soupçonne que les améliorations apportées à chaque instant par M. Maxim dans son générateur ont eu souvent pour point de départ les réparations nécessitées par l'usure rapide des tubes, où l'eau et le combustible, suivant un chemin inverse, étaient l'une et l'autre à leur plus haute température précisément dans la même région. La dépense d'hydrocarbure n'aurait été que de 450 *g* par cheval et par heure ; je laisse encore à M. Maxim la responsabilité de ce chiffre, inférieur de près d'un tiers aux dépenses obtenues dans les meilleures machines qui emploient un combustible liquide analogue.

Quoi qu'il en soit, les dispositifs imaginés par notre collègue et les résultats qu'il a obtenus, au point de vue chaudière, sont, dans leur ensemble, très dignes d'intérêt. Il s'est adressé à ce générateur à vapeur, vieux serviteur dont on semble être las, et dont je vous montrais, il y a quatre ans, les qualités remarquables au point de vue de la légèreté, quand la puissance motrice doit être élevée et soutenue.

Ensemble du moteur.

La grande légèreté du générateur Maxim, due à l'exceptionnelle qualité des matériaux employés, à la faible consommation de combustible, et au peu de liquide mis en circulation, ne constitue pas le seul avantage de ce générateur, qui se caractérise aussi par la souplesse avec laquelle il se prête aux variations du travail, si nécessaires dans le navire aérien, puisque la vitesse de planement varie en raison inverse de la racine carrée de l'inclinaison. Beaucoup d'Ingénieurs, se basant sur les résultats obtenus avec les chaudières de construction industrielle courante, pen-

saient que cette souplesse était l'apanage des moteurs électriques; avec son générateur, M. Maxim n'a pas eu à interposer de dynamos entre la chaudière et le propulseur. Le moteur proprement dit se compose de deux machines horizontales compound semblables, pesant chacune 136 *kg* et donnant une puissance effective totale de 100 *ch*, avec une vitesse du piston de 2 *m* par seconde.

Ces machines sont très bien comprises, mais je ne vous en donnerai pas la description parce qu'elles n'offrent pas, comme le générateur, de dispositifs particulièrement saillants; je dirai simplement qu'elles sont indépendantes et actionnent chacune une hélice. Comme le générateur, elles sont faites en acier d'une très grande résistance, « en acier à outils », écrit M. Maxim. En constructeur qui sait son métier, il n'est pas tombé dans une manie fréquente en Aviation, où l'on propose l'aluminium et ses alliages un peu à tort et à travers. Au point de vue de la légèreté, la densité n'est qu'une qualité relative; dans les fonctions complexes par lesquelles on pourrait théoriquement caractériser les métaux à ce point de vue et suivant le genre de travail qu'on leur demande entreraient, outre la densité, la résistance, l'allongement, etc. C'est ainsi qu'un savant américain, M. Thurnston, directeur de Sibley College, a classé les corps d'après des indices donnés par la longueur que la substance peut porter de sa propre matière, quand elle travaille à la traction, ou d'après la hauteur de colonne qu'elle peut supporter de sa propre matière, quand elle travaille à la compression. Pour les métaux susceptibles d'être utilisés dans les moteurs légers, il a trouvé l'indice 7 500 avec les aciers employés dans l'artillerie des États-Unis, et 4 550 avec le fer forgé, etc.; pour les textiles qui peuvent servir de haubans, il a trouvé l'indice 45 000 avec la soie, qui vient en première ligne, puis 12 000 avec le lin tressé : c'est aussi l'indice d'une matière organique, le cheveu, mais le cheveu de la femme seulement. M. Thurnston obtint ensuite 7 300 avec les câbles d'acier, 5 500 avec les câbles de fer, et 3 650 seulement avec les câbles de chanvre.

On a souvent exagéré la légèreté très réelle du moteur Maxim, et l'on est allé jusqu'à écrire qu'il pesait à peine 2 *kg* par cheval. Il ne faut pas oublier que, dans le poids d'un moteur aérien, il est indispensable de compter tout ce qui est nécessaire à son fonctionnement pour une durée déterminée, moteur, générateur, pompes, tuyauterie, approvisionnements, bâches, condenseur, ré-

frigérant, etc. Dans ces conditions, et en nous reportant aux diverses publications de M. Maxim, nous avons calculé de la façon suivante le poids de son moteur de 100 *ch* :

Générateur, avec son enveloppe et le brûleur . . .	180	*kg*
Eau de circulation	45	
Moteurs	272	
Eau de remplacement pour dix heures	90	
Combustible pour dix heures (à raison de 450 *g* seulement par cheval et par heure).	450	
Condenseur, bâches, pompes et tuyauterie.	400	
	1 437	*kg*

soit 14,4 *kg* par cheval, pour une durée de dix heures. Nous laissons du reste à l'inventeur la responsabilité de ses données, notamment en ce qui concerne la consommation de combustible. On se prend à douter de l'exactitude de ces chiffres, tant ils sont inférieurs à ceux des moteurs légers les mieux construits. L'Angleterre possède-t-elle donc des métaux et un outillage très supérieurs aux nôtres? Il est intéressant de vous donner sur ce point l'avis de M. Maxim lui-même. « La France, a-t-il écrit, est aujourd'hui le seul pays du monde qui possède des établissements dans lesquels il soit possible de construire, en manufacture, un appareil et un moteur comme ceux que j'expérimente actuellement. » Or, messieurs, une société savante qui doit être au courant de l'état actuel de la construction des moteurs en France, la Société d'encouragement, a cette année même mis au concours un moteur léger pesant 50 *kg* par cheval, y compris les approvisionnements et les appareils nécessaires à son fonctionnement pendant dix heures : et le moteur Maxim ne pèserait que 14,4 *kg* dans ces conditions! C'est qu'il y a lieu de tenir compte de ce fait que la translation même de l'appareil devait produire le fonctionnement de l'aéro-condenseur, et que, si l'on se place exclusivement au point de vue moteur, il convient de faire entrer dans le poids tous les organes nécessaires à cette translation. On peut d'autre part se demander comment l'aéro-condenseur se serait comporté avec la grande quantité de vapeur nécessaire pour produire une puissance de 100 *ch* (1). Et, à cet égard, il y aura

(1) Dans ses derniers torpilleurs, M. Normand a obtenu, pour 1 *kg* de vapeur, 1/6 de cheval-heure, avec un vide de 0,15 *kg*. Avec ces données, la quantité de vapeur serait de 10 *kg* par minute pour le moteur Maxim.

sans doute avantage à employer un liquide dont la vapeur ait une grande pression, mais se produise à des températures relativement faibles.

Description sommaire des divers aéroplanes Maxim.

M. Maxim a construit plusieurs types d'aéroplanes que je décrirai très sommairement, pour vous éviter des recherches dans les revues anglaises où l'inventeur a publié ses travaux, et pour vous signaler les principales défectuosités de ces navires aériens. Dans l'aéroplane de 1889, la surface sustentatrice était formée : 1° d'un voile s'appuyant sur l'aéro-condenseur, et dont l'angle d'attaque pouvait être modifié par l'aéronaute ; 2° de deux ailes latérales, éléments d'un dièdre dont l'arête fictive serait dirigée vers le sol : ces ailes avaient, en général, une position fixe ; toutefois, au moment de l'atterrissage, elles devaient s'abaisser énergiquement, grâce à un jeu d'engrenages qui fonctionnait dès que la nacelle touchait le sol. Maxim espérait ainsi amortir suffisamment le choc de l'aéroplane, destiné d'ailleurs à descendre suivant un plan très incliné.

Le dispositif des ailes latérales est imité des oiseaux planeurs, qui volent les ailes étendues et relevées : de la sorte, s'ils viennent à s'incliner vers la droite pendant une chute, l'aile gauche s'efface et supporte une pression moindre que l'autre aile, ce qui ramène le voilier dans sa position primitive. Ce dispositif me paraît insuffisant pour maintenir l'aéroplane à sa position normale dans le cas d'une chute accidentelle. En admettant même qu'il en fût ainsi, la stabilité ne serait pas résolue : celle-ci, en effet, doit être assurée non seulement dans une chute accidentelle, mais encore et surtout pendant la marche ; en un mot, il faut obtenir la stabilité de route. Or les ailes en dièdre ne donnent pas ce genre de stabilité, absolument indispensable à la sécurité des voyageurs et à l'habitabilité du navire. Cet inconvénient n'existe pas chez l'oiseau, qui modifie instinctivement la position relative de son centre de gravité et de son centre de pression, et qui a la faculté de voyager le corps incliné sous un angle quelconque, ce qu'on ne saurait demander à l'aéroplane-navire.

Les essais infructueux de ce premier modèle amenèrent M. Maxim à le transformer. Dans l'aéroplane de 1890-91, la machinerie fut améliorée, sans subir toutefois de changements essentiels. Le diamètre des hélices et la hauteur totale de l'aéroplane furent

sensiblement réduits. Mais les modifications principales portèrent sur le sustentateur ; le plan central devint fixe, afin de maintenir plus sûrement l'angle d'attaque ; aux deux ailes destinées à assurer la stabilité latérale on adjoignit, à l'avant et à l'arrière de l'aéroplane principal, deux plans mobiles autour d'un axe horizontal, et dont l'inclinaison était à la disposition de l'aéronaute. Ces plans avaient pour but d'assurer la stabilité longitudinale et de modifier, malgré la fixité du grand aéroplane, l'angle α de la réaction N avec la verticale. Les caractéristiques de cet aéroplane étaient les suivantes :

Surface.

Aéroplane principal	410 m^2
Aéroplanes accessoires	112
	522 m^2

Poids.

Moteur complet, avec dix heures d'approvisionnement.	1 437 *kg*
Aéroplanes, arbres, propulseurs, nacelle, etc.	950
3 hommes d'équipage	225
	2 612 *kg*

Puissance.

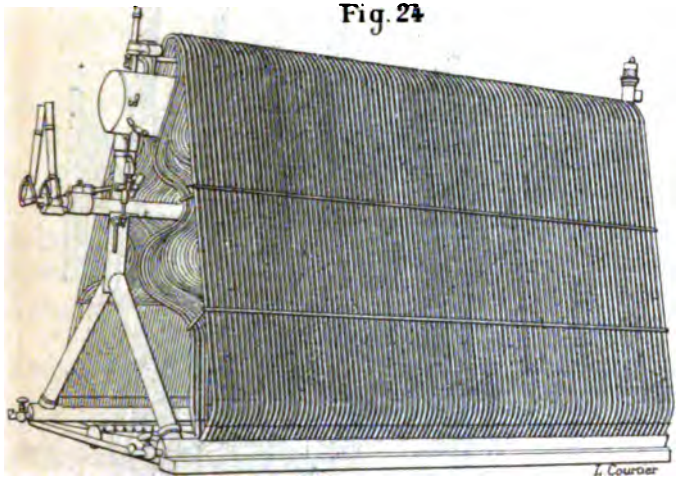
Puissance normale effective	100 *ch*
Poussée totale des deux hélices	450 *kg*

La vitesse maximum prévue par M. Maxim était de 160 *km* par heure. « On pourrait alors, ajoute l'inventeur, se rendre de Londres à New-York en moins de deux jours. » Avec une pareille puissance motrice Maxim ne doutait pas du succès, même dans les conditions les plus défavorables ; et quand l'expérience, critérium inflexible des inventions de ce genre, eut fait évanouir tout espoir de réussite, il attribua uniquement ce nouvel échec à l'imperfection de la stabilité. Malgré les sommes considérables qu'il avait dépensées, il se remit à l'œuvre, portant spécialement son attention sur les appareils de stabilité qu'il rendit automatiques, tout en apportant de nombreux perfectionnements aux autres parties de l'aéroplane.

La figure 24 représente le nouveau générateur, basé du reste sur les mêmes principes que l'ancien. La figure 25 montre la machine aérienne vue de face. L'aéroplane principal est prolongé

par des becs mobiles à l'avant et à l'arrière; il est flanqué à droite et à gauche de cinq paires d'ailes; j'approuverais cette division de la voilure, qui permet d'obtenir la surface sustentatrice nécessaire avec des plans plus légers et moins flexibles, si M. Maxim n'avait eu en vue un tout autre but : il cherchait surtout à obtenir ainsi la stabilité automatique, et à cet effet il avait muni les ailes latérales d'haubannages inefficaces et très compliqués, qui augmentaient notablement la résistance : l'inclinaison devait donc être extraordinairement faible, sans cependant devenir négative. Cela eût suffi à empêcher le vol de l'aéroplane,

Fig. 24



surtout aux vitesses excessives que l'inventeur cherchait à obtenir. Cette cause, qu'on n'a pas mise en évidence, est encore plus grave que l'insuffisance de la stabilité, à laquelle on a toujours uniquement attribué l'insuccès. D'ailleurs, il n'est pas douteux pour moi que les procédés imaginés par M. Maxim ne pouvaient assurer la stabilité de route.

Ce dernier aéroplane fut essayé de la façon suivante : la nacelle reposait sur quatre roues qui roulaient sur une longue voie ferrée; au-dessus et à faible distance était une seconde voie sur laquelle s'appuyaient les roues dès que l'aéroplane était soulevé. Dans deux expériences successives le soulèvement ne se produisit pas; à la troisième expérience, la machine aurait été soulevée pendant un parcours d'une centaine de mètres, et ne se serait arrêtée que par suite de la rupture d'un essieu. S'il en a été ainsi, c'est que l'appareil a présenté pendant quelques instants, et accidentellement, un angle d'attaque capable de rendre la

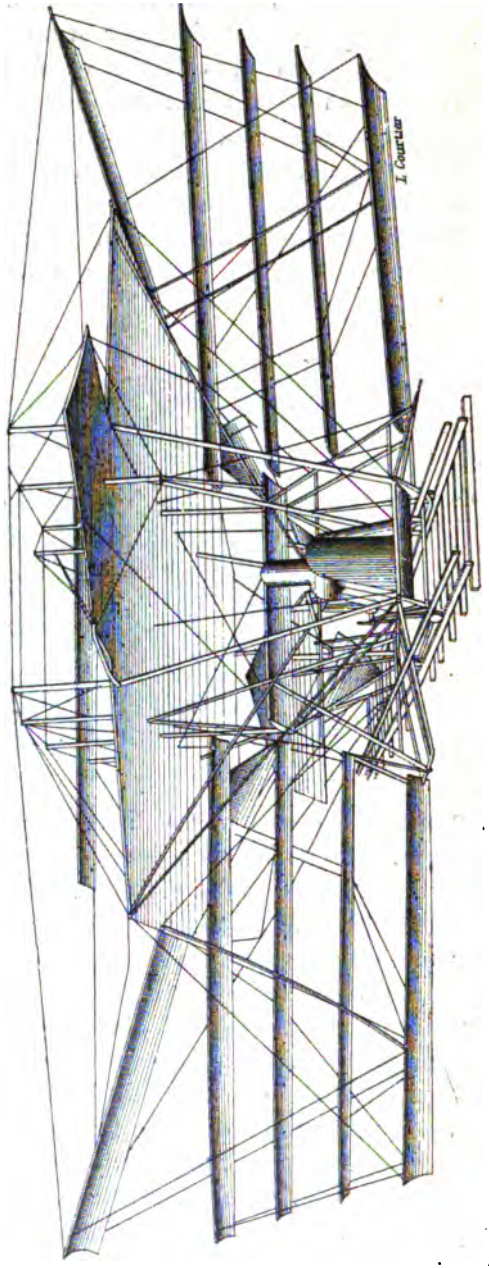


Fig.25

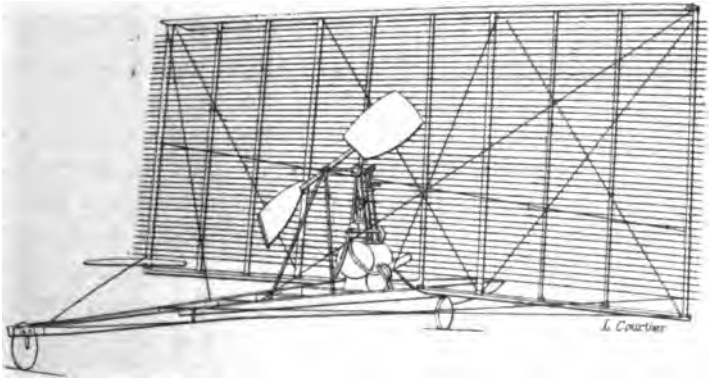
sustentation possible. La rupture d'un essieu prouve d'ailleurs que les efforts étaient mal répartis, et il est certain qu'abandonné à lui-même, le système eût, sinon culbuté, du moins pris une inclinaison probablement fâcheuse pour les passagers, et en tous cas beaucoup trop forte pour permettre la sustentation, en supposant que la stabilité eût été assurée. Au reste M. Maxim n'osa pas entreprendre l'expérience. En admettant même qu'il eût réussi à créer un navire capable de maintenir son angle d'attaque à la valeur voulue, un appareil aussi léger aurait-il résisté aux énormes vitesses qui lui étaient nécessaires ? L'atterrissage, encore plus que l'essor, n'aurait-il pas été éminemment dangereux ? Enfin, l'aéro-condenseur eût-il été suffisant pour l'énorme quantité de vapeur qui produit une semblable puissance ?

Toutefois, malgré les insuccès répétés de Maxim, il serait profondément injuste de ne juger ses navires que par le résultat final. La machine volante ne sortira pas toute faite d'un même cerveau, et il convient de dire que Maxim a eu le mérite de créer une construction hardie, qui se distingue par des conceptions originales bien dignes de fixer l'attention. Sa machine est l'essai le plus sérieux d'aéroplane-navire.

Disposition caractéristique de l'aéroplane Phillips.

Çà et là cependant on trouve des dispositifs ingénieux dans quelques autres projets. Pour ne pas charger ce mémoire déjà long,

Fig. 26



je me contenterai de vous citer le navire de M. Horatio Phillips, où la surface sustentatrice se compose *(fig. 26)* de lames de per-

siennes placées sur un cadre vertical en acier. Ces lames sont en bois; elles ont une épaisseur variable qui ne dépasse pas 3 *mm*. Leur surface supérieure est convexe vers le sol, le maximum de courbure étant près du bord d'attaque; la surface inférieure est concave, sauf près du bord avant où il y a une légère convexité; la flèche de la concavité est du reste extrêmement faible. C'est à peu près la section que la nature a adoptée pour l'aile *(voir fig. 15)*; j'ai montré qu'elle a pour effet d'augmenter la réaction N à surface sustentatrice égale, et de décliner cette réaction vers le bord d'attaque. Phillips avait déterminé le profil des lames de façon que N fut vertical : pour cela, il s'était livré à des mesures anométriques nombreuses, qui sont fort intéressantes au point de vue de l'Aérodynamique.

Dès 1873, le commandant Renard avait construit un parachute dirigeable d'une forme similaire; le savant officier la préconisait dans les aéroplanes pour une raison différente de celle qui l'a fait adopter depuis par M. Phillips : il croyait alors que sous de faibles inclinaisons les appareils lamellaires étaient seuls soumis à la loi $N = l\,SV^2i$; en réalité, et contrairement à l'opinion généralement admise jusqu'à ces dernières années, cette loi est commune à tous les aéroplanes.

La surface sustentatrice du navire Phillips est d'un choix judicieux, mais à la condition d'y adjoindre un dispositif, quel qu'il soit, qui obvie aux dangers que courraient les voyageurs en cas d'avarie dans la machine. J'estime que la surface lamellaire concave vers le sol a non seulement l'avantage d'augmenter N, de relever cette réaction, et d'augmenter un peu l'inclinaison de l'aéroplane : elle diminue considérablement les variations du centre de pression, cause principale des difficultés qu'on a rencontrées jusqu'ici pour assurer la stabilité, même des aéroplanes-oiseaux.

M. Wellner a également imaginé un appareil qui utilise la réaction de l'air sur des surfaces analogues à celles de M. Phillips, mais d'une façon très différente : ces surfaces sont mobiles et constituent les aubes de grandes roues, tournant deux à deux en sens inverse, et dont l'axe est parallèle à la trajectoire suivie. Ce projet, d'ailleurs peu recommandable, a fait grand bruit il y a quelques années; la Société des Ingénieurs et des Architectes de Vienne, qui le patronnait, avait alloué à l'inventeur une forte subvention.

IV. — Théorie de l'aéroplane-navire.

Dans les considérations que j'ai développées au paragraphe II, je me suis attaché à montrer combien la réalisation des aéroplanes-navires présente de difficultés. A cet effet, j'ai donné une idée de leur résistance à l'avancement et de la légèreté que doit avoir le moteur; j'ai fait voir quelle doit être la surface en fonction de la vitesse, et quelle faible valeur est imposée à l'inclinaison de la voilure. J'ai tenu à établir ces faits à l'aide de résultats expérimentaux, car, si je les avais fait découler d'une théorie, j'aurais sans doute trouvé bien des incrédules. Maintenant que cette preuve est faite, je voudrais les coordonner, et vous donner rapidement la théorie de l'aéroplane-navire qui se déplace d'un mouvement uniforme.

Équations générales.

J'ai établi précédemment, pour le cas d'une trajectoire horizontale, la relation :

$$\frac{T - R}{P} = \operatorname{tg} \alpha.$$

et j'ai montré que l'angle α, quelle que soit la forme de la surface

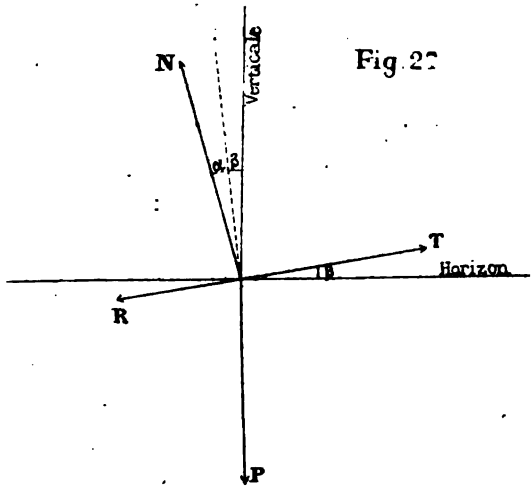


Fig. 27

sustentatrice, ne peut avoir que de très faibles valeurs en l'état actuel de la science. Nous écrirons donc :

$$\frac{T - R}{P} = \alpha,$$

Examinons maintenant le cas où l'aéroplane s'élève (ou descend), suivant un angle β (ou $-\beta$) avec l'horizon. Je dis que β est également très petit. Pour le montrer, donnons aux forces les mêmes notations que précédemment, α étant l'angle que fait, dans le plan de ces forces, la réaction N avec la perpendiculaire à la trajectoire *(fig. 27)*. Nous l'affecterons du signe + ou du signe — suivant qu'il sera situé, par rapport à cette perpendiculaire, du côté de R ou du côté de T.

On a $(T-R)\cos\beta = N\sin(\alpha+\beta)$ par projection sur l'horizon,

$P = N\cos(\alpha+\beta)$ — la verticale,

d'où $$\frac{T-R}{P} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha+\beta)}{\cos\beta}.$$

Or β ne peut avoir qu'une faible valeur, quel que soit son signe. En effet, s'il en était autrement, comme α est petit, on aurait sensiblement

$$\frac{T-R}{P} = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\cos\beta} > \operatorname{tg}\beta$$

ce qui est impossible puisque, comme nous le savons, la valeur de $\frac{T-R}{P}$ est très faible.

Ce résultat était à prévoir : en effet, nous avons vu combien il est difficile de réaliser un aéroplane évoluant dans un plan horizontal ; il fallait donc s'attendre à ne pouvoir monter que suivant de très faibles rampes. Dans le mouvement descendant, il était visible *à priori* que la pente devait être petite pour que l'aéroplane eût un mouvement uniforme. C'est dans ce cas surtout qu'il faut éviter l'accélération : l'oiseau, et particulièrement l'oiseau de proie, peut bien faire des chutes foudroyantes, suivies d'énergiques ressources ; en dehors des questions d'habitabilité et de sécurité, dont il ne serait plus question avec de semblables manœuvres, les grandes surfaces nécessaires aux aéroplanes-navires ne sauraient résister à de pareilles réactions.

En résumé, les angles α et β sont petits ; les conditions les plus optimistes qu'on puisse actuellement prévoir ne permettent pas de leur assigner une valeur supérieure à 5 ou 6°. On peut donc écrire :

$$\frac{T-R}{P} = \alpha + \beta$$

et :

$$P = N.$$

Le système de ces deux équations est équivalent à celui que nous avons obtenu par projection des forces sur l'horizon et sur la verticale. Pour avoir les équations générales du problème, il ne nous reste plus qu'à exprimer N et R en fonction de V et de α. Or la loi :

$$N = lSV^2\alpha$$

relative aux plans carrés qui se déplacent sous de faibles angles peut être étendue à des plans allongés et même à des surfaces plus complexes, pourvu qu'on prenne pour l une valeur convenable; ce coefficient est plus grand avec les plans allongés dans le sens transversal qu'avec les plans carrés, avec les surfaces concaves qu'avec les surfaces planes. D'autre part, posons :

$$R = K\sigma V^2.$$

σ étant la résistance du disque qui donnerait la résistance R par son déplacement orthogonal à la vitesse V. C'est une sorte de maître-bau fictif, et il y a un avantage encore plus grand que pour les ballons dirigeables et les navires marins à ce qu'il soit minimum dans les aéroplanes. Dans les conditions atmosphériques normales, le coefficient K est égal à 0,085, la résistance étant exprimée en kilogrammes, la surface en mètres carrés, et la vitesse en mètres par seconde. D'autre part, $\frac{l}{K} = 2$ environ pour les plans carrés; le rapport $\frac{l}{K}$ est plus grand avec les plans allongés et peut être sensiblement augmenté avec des surfaces allongées et concaves.

Si l'on élimine R, qui ne se présentera ni comme donnée ni comme inconnue dans les divers problèmes que nous nous proposons, on obtient les deux équations :

$$\frac{T}{P} = \frac{K\sigma}{lS}\frac{1}{\alpha} + \alpha + \beta,$$

$$P = lSV^2\alpha.$$

Dans ces formules, nous prendrons comme unités le kilogramme, le mètre et la seconde.

La première donne la traction $\frac{T}{P} = \theta_s$ qu'il faut exercer pour obtenir une vitesse V, capable de remorquer 1 *kg* de l'aéroplane suivant la pente β. De la vitesse dépend l'angle α, et par suite

l'inclinaison de la surface sustentatrice. Il est remarquable que la relation entre α et V soit indépendante de β; ainsi, pour un aéroplane donné, la vitesse est réglée par l'inclinaison de la surface, quelle que soit la route suivie. On voit donc la nécessité de construire l'aéroplane de façon que le pilote puisse modifier cette inclinaison.

L'équation $$\theta_\beta = \frac{K\sigma}{l S}\frac{1}{\alpha} + \alpha + \beta$$

peut s'écrire $$\theta_\beta = \theta_0 + \beta.$$

L'effort de traction à développer par kilogramme de l'aéroplane pour suivre la pente β à la vitesse V est donc égal à l'effort nécessaire pour marcher en palier à la même vitesse, augmenté (ou diminué) de l'effort nécessaire pour élever 1 *kg* sur le plan incliné de l'angle β.

Pour un aéroplane donné, θ_0 peut s'exprimer soit en fonction de α seulement, soit en fonction de V.

$$\theta_0 = \alpha + \frac{K\sigma}{l S}\frac{1}{\alpha}$$

$$\theta_0 = \frac{K\sigma}{P} V^2 + \frac{P}{l S}\frac{1}{V^2}$$

Donc l'effort θ_β est la somme d'un terme fixe β et d'un terme θ_0 variable avec α, ou, si l'on veut, avec V.

Les deux minimums du travail.

Il y a intérêt à donner à l'angle α, et par suite à la vitesse, la valeur qui correspond au minimum de travail. Or, dans le genre de locomotion qui nous occupe, le travail doit être considéré sous deux points de vue différents : 1° travail dépensé pour parcourir 1 *m* au-dessus du sol; il est égal à l'effort de traction $P\theta_\beta$; 2° travail dépensé pour se soutenir pendant une seconde; il est égal à $P\theta_\beta V$.

θ_β passe manifestement par un minimum, et l'angle ou la vitesse correspondants sont les mêmes quelle que soit la pente. De plus, l'angle est indépendant de l'altitude, car les deux coefficients K et *l* sont proportionnels à la densité de l'air.

Nous allons voir que l'angle est également indépendant du

poids du navire. En effet, θ_0, somme de deux termes dont le produit est constant, est minimum pour :

$$\alpha' = \frac{1}{\alpha'} \frac{K\sigma}{lS},$$

d'où

$$\alpha'^2 = \frac{K\sigma}{lS}.$$

Ainsi, quand l'inclinaison de la surface sustentatrice a la valeur α' donnée par cette équation, le voyage s'effectue toujours avec le minimum de traction par kilogramme, quelles que soient la pente, l'altitude, ou les variations dans le poids du navire, dues par exemple, à l'allégement en combustible. Mais la vitesse change avec l'altitude et le poids, puisque l'on a :

$$P = lSV'^2\alpha'.$$

Remarquons que $\frac{K\sigma}{lS\alpha} = \frac{R}{P}$. Donc, quand on marche à la vitesse V', $R = P\alpha' = N\alpha'$. Or, $N\alpha'$ est la résistance à l'avancement de la surface sustentatrice. On obtient ainsi ce théorème remarquable, dû au commandant Renard :

« Le minimum de l'effort de traction a lieu quand la résistance du sustentateur est égale à la résistance de l'esquif. »

Le travail par seconde $\mathfrak{C}'_\beta$ correspondant à ce minimum de travail pour parcourir 1 m est égal à $P\theta'_0 V$. On a alors les relations :

$$\alpha'^2 = \frac{K\sigma}{lS},$$

$$V'^4 = \frac{P^2}{K\sigma lS},$$

$$\mathfrak{C}'_\beta = (2K\sigma V'^2 + P\beta)\, V'$$

Au contraire, le travail dépensé pour se soutenir pendant une seconde a un minimum $\mathfrak{C}''_\beta$ pour un angle α'' qui n'est pas indépendant de la pente. Le travail est en effet :

$$(\theta_0 V + \beta V)\, P,$$

ou, si l'on remplace θ_0 par son expression en V,

$$\left(\frac{P}{lSV} + \frac{K\sigma V^3}{P} + \beta V\right) P.$$

Le minimum a lieu quand V est racine de l'équation :

$$\frac{P}{\rho S V^2} = \frac{3K\sigma V^2}{P} + \beta,$$

d'où ce second théorème du commandant Renard :

« Le minimum de la force de la machine a lieu quand la résistance du sustentateur est égale à la résistance due à la pente, augmentée de 3 fois la résistance de l'esquif. »

La valeur de la vitesse, et par suite celle de α, dépendent donc de la pente.

Le calcul offre surtout de l'intérêt dans le cas du vol horizontal en raison de la comparaison qu'on peut alors établir entre les deux minimums $\mathfrak{C}'_0$ et $\mathfrak{C}''_0$. Les relations qui donnent α', V' et $\mathfrak{C}'_0$ deviennent :

$$\alpha'^2 = \frac{K\sigma}{\rho S};$$

$$V'^4 = \frac{P^2}{K\sigma\rho S};$$

$$\mathfrak{C}'_0 = 2K\sigma V'^3.$$

Des calculs analogues donneraient :

$$\alpha''^2 = \frac{3K\sigma}{\rho S};$$

$$V''^4 = \frac{P^2}{3K\sigma\rho S};$$

$$\mathfrak{C}''_0 = 4K\sigma V''^3.$$

On en déduit :

$$\frac{\alpha'}{\alpha''} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}577;$$

$$\frac{V'}{V''} = \sqrt[4]{3} = 1{,}316;$$

$$\frac{\mathfrak{C}'_0}{\mathfrak{C}''_0} = \frac{1}{2(0{,}763)^3} = 1{,}126.$$

Les oiseaux, ai-je dit, donnent le plus souvent à leur voilure deux inclinaisons différentes, correspondant aux angles α' et α'', suivant le but de leur vol. Avec la première, ils dépensent le minimum d'énergie pour parcourir un chemin déterminé : c'est l'inclinaison qu'ils prennent en particulier pour les grandes mi-

grations; ils choisissent alors l'époque où règne, à une certaine altitude, un vent à peu près permanent dans le sens de la route qu'ils doivent suivre. Soit U la vitesse de ce vent : la vitesse du vol, par rapport à la terre, est alors $V' + U$. Avec la seconde inclinaison, les oiseaux dépensent le minimum d'énergie pour rester un temps déterminé dans les airs : c'est celle qu'ils prennent lorsqu'ils se soucient peu du chemin parcouru, par exemple lorsqu'ils volent en orbes, lorsqu'ils sont en quête d'une proie, ou lorsqu'ils se livrent à leurs évolutions simplement pour le plaisir de voler.

En ce qui concerne le navire aérien, appareil de locomotion par rapport au sol, c'est la première inclinaison qui convient théoriquement; les dernières relations que nous avons écrites permettent de chiffrer les avantages qu'elle présente : la machine doit bien être de 0,126, soit d'un huitième environ, plus forte qu'avec la seconde inclinaison, mais la vitesse est augmentée de 0,316, soit du tiers. Aussi le commandant Renard (qui a écrit par erreur que la vitesse est presque double), considère-t-il que la première position convient à la marche normale de l'aéroplane.

Mais je ferai remarquer qu'en l'état actuel de la construction aéronautique ces minimums ne tombent pas dans les limites utiles du problème de l'aéroplane-navire : c'est que la résistance du sustentateur est notablement plus faible que celle de l'esquif dans les machines volantes que nous pouvons construire aujourd'hui. Aussi le terme en V^2 du travail par mètre, ou le terme en V^3 du travail par seconde, sont-ils nettement prépondérants. C'est une différence capitale entre les aéroplanes-navires et les aéroplanes-oiseaux.

Stabilité.

Nous venons d'établir et d'examiner dans leurs conséquences les relations qui existent entre les forces développées dans le mouvement de l'aéroplane-navire. Il nous reste maintenant à considérer les relations de position de ces forces pour que le système soit non seulement en équilibre, mais en équilibre stable.

Dans la description que j'ai donnée des aéroplanes Maxim, j'ai dit quelques mots de la stabilité longitudinale et de la stabilité transversale de ces appareils.

En ce qui concerne la stabilité longitudinale, l'équilibre dynamique existe quand le centre de gravité et le centre de pression

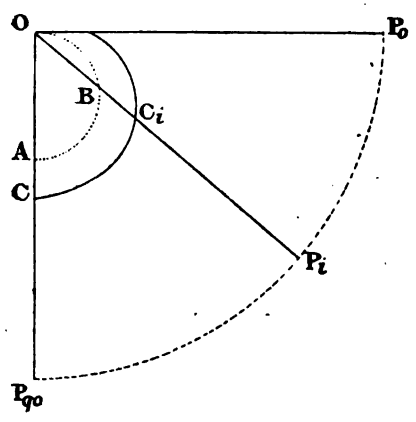
sont sur une même verticale. Or l'aéroplane-navire forme un ensemble rigide ; tout comme le ballon dirigeable, le centre de gravité est fixe. Par contre le centre de pression varie avec l'inclinaison de la surface sustentatrice, et ces variations pourraient être très considérables avec une voilure sensiblement carrée, comme celle des aéroplanes Maxim.

Avanzini avait observé ce phénomène, sans en donner la loi. Du reste, — et c'est là une constatation qui peut étonner, — cette loi primordiale nous est encore inconnue à l'époque actuelle, où la dynamique des fluides a cependant fait naître tant de travaux transcendants ! Nous ne possédons que la formule expérimentale donnée par Joëssel, ingénieur de la marine : encore s'applique-t-elle au déplacement oblique d'un plan dans l'eau, et ne convient-elle nullement, quoi qu'on en ait dit, au déplacement dans l'air. Ces expériences ont été faites sur un plan de $0{,}30 \times 0{,}40$ *m*, dans des conditions qui ne permettaient pas de compter sur une grande précision. Joëssel trouva que la distance x_i entre le centre de pression et le bord antérieur ou bord d'attaque du plan pour l'inclinaison i de ce plan sur sa trajectoire pouvait s'exprimer par la formule empirique :

$$\frac{x_i}{x_{90}} = 0{,}39 + 0{,}61 \sin i ;$$

$2x_{90}$ est la longueur de côté dans le sens des lignes de plus grande pente du plan.

Fig. 28.



On voit que pour $i = 0$ le centre de pression ne vient ni au centre, ni sur le bord antérieur, mais à une distance $x_0 = 0{,}39\, x_{90}$ de ce bord.

L'équation précédente est celle d'un limaçon de Pascal en coordonnées polaires. Soit *(fig. 28)* OP_i la position du plan quand son angle avec la trajectoire est i ; à partir du milieu C, portons, du côté du bord d'attaque O, la longueur $CA = 0{,}39\ CO$, et décrivons une circonférence sur OA comme diamètre. Cette circonférence est la directrice du limaçon, O le centre, AC la quantité à ajouter

au rayon vecteur OB de la circonférence. Le point C_i est le centre de pression pour l'inclinaison i.

Pour le déplacement dans l'air, M. Kummer, le mathématicien bien connu, a publié dans les comptes rendus de l'Académie des sciences de Berlin les résultats de nombreuses expériences sur des plans de petites dimensions entraînés par un manège : le bras était beaucoup trop court pour qu'on puisse attribuer une réelle valeur aux résultats obtenus, en raison des effets perturbateurs produits par la force centrifuge. Des expériences analogues ont été faites par Langley avec un bras beaucoup plus grand : mais le plan d'expériences eut des oscillations considérables, qui donnaient une incertitude absolue dans la mesure de i. Je me propose de publier prochainement un mémoire sur cette question fondamentale.

Quoi qu'il en soit, si l'on admet pour l'air une loi analogue à celle de Joëssel, et que l'on suppose l'aéroplane établi de telle sorte que l'équilibre soit réalisé pour la marche normale, toute déviation longitudinale sera contre-balancée par le jeu même des forces : en un mot, l'équilibre longitudinal sera stable, théoriquement du moins. En effet, la déviation produit une augmentation ou une diminution de l'inclinaison, et par suite éloigne ou rapproche le centre de pression du bord d'attaque. Alors intervient un couple de rappel, de sens opposé dans l'un et l'autre cas, couple analogue à celui que j'ai étudié dans mon mémoire sur la direction des ballons. Il en résulte nécessairement des oscillations qui ramènent l'aéroplane à sa position primitive, si la cause de l'inclinaison cesse, ou à une position nouvelle, si la cause persiste : dans cette hypothèse, le pilote modifiera l'angle d'attaque de façon à lui donner sa valeur première, s'il veut conserver la vitesse.

Mais il importe de remarquer que les choses ne se passent pas aussi simplement, car l'air n'est point un fluide entraîné au-dessus du sol d'un mouvement uniforme ; il est le siège, tout au moins près de terre, d'embardées parfois répétées et violentes, dont il faut bien tenir compte puisque, tout au moins à l'essor et à l'atterrissage, l'aéroplane devra évoluer près du sol. De pareilles embardées donneront naissance à une série de couples dont les effets, se superposant, amèneraient des oscillations heurtées dangereuses pour les passagers et compromettantes pour la conduite du navire si elles devaient avoir une certaine amplitude. Il faut donc réduire autant que possible cette amplitude, tout en conservant un couple de

rappel suffisamment énergique : on y parviendra en construisant l'aéroplane de façon à limiter les déplacements longitudinaux du centre de pression et à placer ce point à une distance assez grande au-dessous du centre de gravité.

C'est ce qui a lieu chez l'oiseau, grâce à la forme allongée des ailes et à l'allégement des parties supérieures du corps. Toutefois la distance entre le centre de gravité et le centre de pression n'est pas grande, mais l'oiseau obvie avantageusement à la petitesse du couple de rappel en modifiant sa voilure et en avançant ou reculant les pointes des rémiges palmaires, de façon à corriger les variations du centre de pression. Ce jeu très simple et instinctif contribue à assurer la stabilité longitudinale, tout en épargnant au volateur les oscillations que produirait un couple de rappel plus énergique.

Mais l'aéroplane ne peut avoir recours à de semblables procédés. Son centre de gravité doit donc être éloigné du centre de pression. D'autre part, il faut limiter les variations de ce dernier : on emploiera utilement dans ce but une voilure très développée dans le sens transversal et étroite dans le sens perpendiculaire, d'autant que la réaction est beaucoup plus forte dans ce cas qu'avec une voilure carrée. On pourra adjoindre à cette voilure essentielle, constituée par exemple comme dans l'aéroplane Phillips, une surface sur laquelle la réaction sera moindre et qui servira de parachute ; cette précaution ne nous semble du reste pas indispensable, car on peut obtenir la sécurité par des organes tout à fait distincts des organes de sustentation. Un point qui me paraît plus important consiste à assurer, dans la mesure du possible, la permanence de l'inclinaison ; il y aurait peut-être moyen d'arriver à ce résultat en utilisant les propriétés des disques tournants, ou de sortes d'hélices à ailes planes, auxquelles il ne faudrait pas demander d'effet sustentateur.

Quant à la stabilité transversale, les aviateurs pensent généralement l'obtenir avec une voilure en forme de dièdre à arête tournée vers le sol. J'ai dit ce qu'il faut penser de ce dispositif qui n'est efficace qu'en chute. Il est suffisant pour l'oiseau, prestigieux acrobate de l'air, qui se joue des embardées et des sautes de vent avec une déconcertante maëstria. Cet incomparable aéroplane peut se permettre de se laisser choir pour rétablir son équilibre ; sa chute n'est jamais bien longue : elle est généralement suivie d'une ascension rapide faite sans effort, par un simple relèvement de la voilure, de façon à transformer en hauteur la vi-

tesse acquise pendant la chute. Quand l'oiseau n'a pas recours à ce procéde si simple, et qu'il emploie du reste le plus fréquemment, il modifie le voile formé par une des ailes. Ces moyens instinctifs sont si rapides et si sûrs qu'il est bien rare de voir un oiseau roulé par la tempête : on n'assiste à ce saisissant spectacle que par des rafales extrêmement violentes et très répétées.

L'aéroplane-navire ne peut évidemment recourir à la chute, ni modifier sa voilure très vite et très sûrement. Je pense qu'on parviendrait encore à augmenter sa stabilité transversale en utilisant la permanence de l'axe de rotation des disques tournants. Ce ne serait donc pas inutilement qu'on distrairait, pour la rotation de ces organes, une partie d'ailleurs minime de la puissance motrice.

Constatons ici que la stabilité, si délicate à obtenir avec les aéroplanes, et que la sécurité en cas d'avarie dans la machine, si précaire dans ces appareils, sont admirablement résolues au contraire par l'emploi du ballon comme sustentateur. Aussi, loin de faire à ce dernier le reproche immérité d'avoir enrayé la navigation aérienne, j'estime qu'il y a lieu de rééditer à son profit le mot fameux : « S'il n'existait pas, il faudrait l'inventer. »

V. — Résumé et conclusions.

Je résume en quelques mots les conclusions auxquelles nous a conduits l'examen du moins lourd et du plus lourd que l'air.

Les ballons dirigeables sont possibles aux vitesses modérées; il est même à présumer qu'on sera bientôt en mesure d'en construire qui transporteront quelques hommes avec une vitesse propre et pendant une durée assez grandes pour qu'on puisse considérer le problème comme pratiquement résolu. Mais, à partir d'une certaine vitesse, qui semble voisine de 20 *m* par seconde, leur réalisation deviendra difficile; elle sera même impossible pour les grandes vitesses.

Tandis qu'on peut construire des aéroplanes-oiseaux évoluant aux faibles allures permises aux ballons dirigeables, les aéroplanes-navires exigeraient alors des surfaces beaucoup trop grandes ; ils ne sont guère possibles que vers les limites où les dirigeables s'éliminent : encore, à ces vitesses, ne sont-ils capables de porter que des poids très réduits. Outre l'essor et l'atterrissage, leur réalisation comporte de très grosses difficultés, qui croissent avec le poids utile et la vitesse, c'est-à-dire avec les caractéristiques mêmes de tout appareil de transport. Parmi ces

difficultés, il convient de rappeler le maintien de la voilure entre des limites étroites, la stabilité, et la nécessité de découvrir un moteur sensiblement plus léger que ceux d'aujourd'hui.

Je m'en tiendrai, Messieurs, à ces considérations générales, trop longues si l'on ne s'en rapporte qu'au temps mis à les exposer, et certainement bien courtes si l'on considère tout ce qu'il y aurait à dire pour éclairer ce problème si mal connu. Limité par le temps, j'ai dû me borner aux principes essentiels, et dans le cas du plein vol seulement. J'aurais désiré examiner de plus près certaines questions qui entrent directement dans mon sujet : par exemple les modifications du vol des oiseaux avec les espèces, les aéroplanes-mixtes, et surtout les lois élémentaires de l'Aérodynamique, dont l'ignorance est d'autant plus regrettable pour l'Ingénieur que les lois corrélatives de l'Hydrodynamique seraient éclairées par elles. Je me propose de vous apporter prochainement une étude où j'essaierai de combler cette lacune.

En terminant, est-il nécessaire de faire remarquer qu'il est tout à fait impossible d'obtenir les vitesses considérables et de transporter les lourdes charges dont nous parlent si légèrement maints apôtres de l'Aviation ? En vérité, si de pareils utopistes faisaient loi dans les autres grandes recherches scientifiques comme ils le font malheureusement dans la navigation aérienne, ils justifieraient les hautains pédagogues qui concluent à la banqueroute de la science. Bien au contraire, la science nous montre à quel point de telles espérances sont chimériques ; elle nous permet, en dégageant les conditions du problème, d'apercevoir dans quelles limites il est réalisable ; elle nous enseigne que le navire aérien, quel qu'il soit, ne constituera jamais un moyen de transport courant : les gouvernements seront à peu près seuls à les utiliser aux armées ; elle nous révèle enfin qu'il faut attendre ce navire moins d'une invention géniale ou d'une découverte merveilleuse que des efforts patients, obstinés, de ceux qui s'attachent à son étude rationnelle. Je dirai plus : l'Aéronautique touche à des problèmes si nombreux et si divers qu'elle sera un peu l'œuvre de tous ceux qui font progresser la science, et plus spécialement la métallurgie, l'étude de l'écoulement des fluides, la construction des moteurs, etc., etc... Elle n'aura pas, Messieurs, de meilleurs collaborateurs que vous-mêmes.

On est généralement tenté d'exalter les applications et les conséquences des questions auxquelles on s'attache. J'ai cherché à éviter ce travers, et je considère comme ridicules les prophéties de ceux

qui affirment sérieusement que la locomotion aérienne « renouvellera la face de la terre. » Nous ne lui demandons pas tant. Nous nous bornons à souhaiter qu'elle nous donne une puissante arme de guerre, et un outil qui peut être également précieux dans certains grands travaux de la paix. L'Aéronautique est une science essentiellement française, puisque notre pays est le berceau des Montgolfier, des Giffard, des Dupuy de Lôme, des Tissandier, des Renard et des Krebs : puisse la France qui, à la guerre, aura une revanche à prendre, et qui, en temps de paix, doit maintenir son rang scientifique glorieux, puisse la France être la première à créer de semblables engins !

TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos.

LES TROIS SOLUTIONS DU PROBLÈME.

Utilisation des courants aériens 120
Direction des ballons 122
Aviation 124

PREMIÈRE PARTIE

Le vol des oiseaux.

I. — VOL RAMÉ.

Description sommaire de l'aile 126
Analyse, par la photochronographie, des battements de l'aile à l'essor 128
Analyse des battements de l'aile en plein vol 132
La théorie orthoptère et la théorie aéroplane 133
Théorie du vol ramé 135
Du travail et de l'assimilation de l'oiseau aux aéroplanes mécaniques 143

II. — VOL PLANÉ ET VOL A VOILE.

Différence entre le vol plané et le vol à voile 145
Théories diverses du vol à voile 145

DEUXIÈME PARTIE

L'Aéroplane-navire.

I. — CHOIX D'UN NAVIRE AÉRIEN PLUS LOURD QUE L'AIR.

Conséquences tirées du vol des oiseaux 147
Aéroplanes, orthoptères et hélicoptères; choix de l'aéroplane 149
Expériences de Lilienthal 151

II. — CONSIDÉRATIONS SUR L'AÉROPLANE-NAVIRE.

Résistance à l'avancement 157
Considérations sur la surface de la voilure 158
Considérations sur l'inclinaison de la voilure 161

III. — AÉROPLANES MAXIM.

Générateur 166
Ensemble du moteur 170
Description sommaire des divers aéroplanes Maxim 173
Dispositions caractéristiques de l'aéroplane Phillips 177

IV. — THÉORIE DE L'AÉROPLANE-NAVIRE.

Équations générales 179
Les deux minimums du travail 182
Stabilité 185

V. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

LES
GISEMENTS DE PHOSPHATE DE CHAUX
DANS LES
PROVINCES DE CONSTANTINE ET D'ALGER

PAR

L. CHATEAU

CHAPITRE PREMIER

Historique de la découverte des phosphates sédimentaires sur les hauts plateaux algériens. — Constitution géologique. — Théorie sur la formation des phosphates.

Les gites de phosphates sédimentaires reconnus depuis quelques années en Algérie et en Tunisie, appartiennent à l'étage inférieur de l'âge tertiaire, à l'*Éocène*.

Les géologues ont, comme l'on sait, divisé l'Éocène en deux époques différentes : l'étage parisien et l'étage suessonien. C'est dans le terrain suessonien que l'on rencontre, sur les hauts plateaux en Algérie et en Tunisie, les phosphates sédimentaires que nous allons étudier.

On pourra voir que ces gisements forment des amas considérables dont une partie seulement paraît devoir être actuellement découverte, et rien que ce qu'on en connaît, présente un tonnage de minerai suffisant pour pouvoir offrir à l'agriculture une réserve de produits fertilisants de plusieurs siècles.

C'est à M. Philippe Thomas, que l'on doit les premières découvertes positives de phosphates de chaux sédimentaires dans l'est de l'Afrique française, en Algérie et Tunisie.

Cette découverte avait déjà, il est vrai, été entrevue par un ancien Ingénieur des mines de la province de Constantine, Tissot (1), qui a tant fait pour la vulgarisation de la géologie de ce départe-

(1) *Notice géologique sur le département de Constantine*, Exposition universelle de 1878.

ment, mais qui est mort trop vite pour mettre définitivement au point les beaux travaux de recherches qu'il avait commencés.

Dès 1873, Thomas relève l'existence d'une zone phosphatée dans l'étage suessonien du sud de la province d'Alger, particulièrement dans la vallée du Chélif, près de Boghari.

Poursuivant plus tard, en 1885, ses explorations dans le sud de la Tunisie (1), il découvre les fameux gisements de Gafsa, qui occupent la même place que la zone de Boghari, mais avec un développement beaucoup plus important à la base des assises de l'Éocène.

P. Thomas, après avoir confirmé, dans le sud de la Régence, les théories de l'Ingénieur Tissot (2), poursuivait ses recherches sur les hauts plateaux frontières de l'Algérie et de la Tunisie ; il est également le premier à signaler le gisement très important du Guelaat-Es-Snam, sur la frontière de la Tunisie, continuation du plateau du Dyr, près Tébessa.

Nous nous faisons un devoir, en terminant ces quelques lignes abrégées sur l'historique de ces découvertes, de signaler également les beaux travaux de MM. Pomel et Pouyanne, qui ont fait connaître l'Éocène algérien ; les récentes recherches de vaillants explorateurs comme MM. Ficheur, professeur de géologie à l'École des Sciences d'Alger ; Jacob, Ingénieur des mines, Blayac, attaché à la carte géologique de France, qui ont relevé de nombreux gîtes dans les provinces d'Alger et de Constantine. Modeste pionnier, nous avons pu à notre tour, en parcourant les hauts plateaux pendant les années 1895 et 1896, contribuer à ces savants travaux en signalant quelques gisements qui étaient encore inconnus, et associer dans ces découvertes notre nom à celui de ces éminents savants.

Constitution géologique.

L'étage suessonien dans lequel, disons-nous, se trouvent en Algérie, les phosphates sédimentaires, comprend lui-même deux grandes divisions stratigraphiques, séparées souvent par des actions de ravinement considérables ou des bouleversements qui vont parfois jusqu'à l'ablation totale de l'étage inférieur.

M. Pomel qui a décrit avec soin le Suessonien algérien (3), consi-

(1) *Comptes rendus*, Académie des Sciences, 30 janvier 1888.

(2) P. Thomas, *Association française pour l'avancement des Sciences*, Congrès de Nancy, 1886.

(3) *Explication de la Carte géologique de l'Algérie*, par A. Pomel, Alger, 1890.

dère ces deux divisions du Suessonien comme deux étages bien distincts auquel il serait possible de rattacher toute la série des assises de l'Éocène inférieur en Algérie.

Étage inférieur.

L'étage inférieur comprend une assise d'argiles gypseuses surmontées de calcaires blancs en bancs qui sont parfois gréseux. La base est caractérisée par des rognons de silex, qui, dans la région de Sétif, deviennent souvent de véritables masses, prenant une grande épaisseur, formées de calcaires bien lités sans intercalations argileuses.

Étage supérieur.

L'étage supérieur est formé par des argiles et des grès d'une distribution très variable et d'une épaisseur totale considérable.

D'autre part, M. le professeur Ficheur subdivise ces deux étages de la façon suivante (1) :

Étage suessonien inférieur.	A. *Assise inférieure.* — Argiles à cristaux de gypse, argiles brunes feuilletées, dépôt de comblement dont l'épaisseur très variable atteint parfois 200 *m.*
	B. *Assise supérieure.* — Couches marno-calcaires avec lits de silex à la base, couches glauconieuses et phosphatées, surmontées de calcaires blancs, rarement gréseux, dans lesquels s'intercalent d'une manière accidentelle des calcaires nummulitiques.
Étage suessonien supérieur.	C. *Assise inférieure.* — Argiles jaunes avec gypse, alternance de grès dont la distribution est variable.
	D. *Assise supérieure.* — Grès en bancs puissants passant à des alternances d'assises argileuses et gréseuses renfermant des *Turritelles* à côtes strigillées.

En résumé, l'horizon des phosphates sédimentaires en Algérie se trouve à la base du terrain éocène, presque au contact du cré-

(1) Ficheur, *Annales des Mines*, t. VIII, 1895.

tacé supérieur dont il n'est séparé en stratification discordante que par un dépôt de limons argileux noirs d'une puissance variable, souvent saturés de gypse.

Puis viennent des calcaires en plaques, alternant avec des lits de silex caractérisques, dont les plus importants peuvent avoir de 0,60 *m* à 3 *m* d'épaisseur.

Les phosphates sont constitués soit par des alternances de marnes avec modules, soit par des calcaires phosphatés.

Cette formation phosphatée se trouve recouverte en général par des calcaires cristallins à nummulites qui atteignent quelquefois jusqu'à 400 ou 500 *m* d'épaisseur, et qui font place, au fur et à mesure que l'on s'avance vers le Sud, à des calcaires coquilliers.

Nature des phosphates.

Ainsi que nous venons de le dire, les phosphates sédimentaires existent en Algérie dans deux genres de formation, dans la marne et dans le calcaire.

Les phosphates marneux constituent la partie la moins intéressante des gisements ; on les rencontre dans des marnes feuilletées contenant souvent de notables quantités de phosphate de chaux. Le phosphate s'y présente sous la forme de nodules mêlés à quantité de dents de squales et de débris de poissons. Ils n'ont encore été exploités qu'au Djebel-Dekma, près Souk-Ahras, où comme nous verrons plus loin, l'exploitation n'a pas été prospère.

Les phosphates calcaires alternent avec les marnes à nodules. On les exploite activement à Tébessa, dans les trois exploitations dont nous parlerons ci-après, à Tocqueville au sud-ouest de Sétif ; à Bordj-Rédir au sud de Bordj-bou-Arrérridj.

Ils ont l'apparence d'une roche tantôt friable, tantôt dure, variant du gris jaunâtre au brun verdâtre dans la région de Tébessa ; ils sont noirs dans celle de Sétif.

Les bancs de calcaires phosphatés ont une position très variable dans les différents gisements ; quelquefois horizontaux, ils prennent une inclinaison qui peut aller jusqu'à la verticale avec une puissance variant de quelques centimètres à souvent 4 à 5 *m*. On peut dans plusieurs cas suivre ces bancs en direction sur de longues distances, et il n'est pas rare de les voir atteindre plusieurs kilomètres de longueur.

Théorie sur la formation des gîtes de phosphates.

Plusieurs théories ont été émises relativement à la formation et à l'origine des phosphates dans l'Éocène inférieure en Algérie.

De l'ensemble des caractères géologiques que nous venons de signaler, nous déduisons que sous l'action des eaux pluviales la dissolution d'une certaine partie du carbonate de chaux composant les bancs primitifs a enrichi le phosphate non dissous.

Postérieurement et même presque contemporainement, il s'est produit une précipitation locale du phosphate tribasique en dissolution à la surface des grains en leur donnant en même temps le lustre caractéristique.

Ces bancs primitifs dephosphate proviennent, suivant l'opinion commune des géologues qui ont visité l'Algérie, de l'ancienne mer suessonienne qui occupait le nord de l'Afrique, et qui semblait avoir été plutôt formée d'une série de golfes ou de chotts d'une faible profondeur, en communication par des détroits avec la mer.

Or, les circonstances les plus favorables pour le dépôt des phosphates sont celles qui se rencontrent dans les lagunes des pays chauds où l'eau est alternativement évaporée par le soleil et le vent et renouvelée par les marées, tandis que les phosphates y sont apportés par les matières végétales et par les débris de poissons, de sauriens, d'oiseaux, qui s'y accumulent en quantités considérables. Après avoir été dissous par les eaux salées chargées d'acide carbonique et de carbonate d'ammoniaque, provenant de la décomposition des matières organiques, l'évaporation de ces eaux donne lieu à des dépôts de phosphate de chaux d'une faible teneur.

La description des gisements nous permettra plus loin de reconstituer en partie les rivages de cette ancienne mer suessonienne.

M. Carnot, Inpecteur général des mines, vient d'apporter une contribution importante sur la genèse de ces phosphates, en présentant à l'Académie des Sciences un travail remarquable, faisant connaître de nombreux résultats d'analyses et d'essais de synthèses (1). M. Carnot s'exprime en ces termes à ce sujet :

« Les faits observés dans l'étude des gisements de phosphate

(1) Ad. Carnot, *Annales des Mines*, t. X, 1896.

de la Tunisie et de l'Algérie permettent de se faire une idée assez précise des conditions où ces gisements se sont formés. Les sédiments marins plus ou moins vaseux, qui ont constitué plus tard les bancs de marnes et de calcaires phosphatés, se sont certainement déposés sur des côtes basses, presque plates ou dans des lagunes ; on trouve, dans les bancs calcaires, des genres de mollusques, tels que *Cérithes*, *Turritelles*, *Ostrea*, attestant que les eaux où ils ont vécu avaient peu de profondeur ; mais ces fossiles eux-mêmes deviennent beaucoup plus rares lorsque les calcaires sont riches en phosphates, tandis qu'ils contiennent alors une énorme quantité de débris d'os, de dents et d'écailles avec de nombreux coprolithes des sauriens qui vivaient sur les rivages de la mer suessonienne. Les sédiments, encore meubles, devaient être fréquemment remaniés par les vagues qui venaient déferler sur les côtes comme nous le voyons pour les sables de nos plages actuelles ; mais sur ces rivages très plats et très étendus, les moindres plis ou ondulations de terrains pouvaient modifier les conditions de dépôt ; certaines régions pouvaient se trouver isolées des autres et former des lagunes salées, comparables aux *Sebkhas* et aux *Chotts* modernes, dans lesquels l'eau de la mer n'avait accès qu'à de certains intervalles de temps, et où l'eau, isolée comme dans des marais salants, subissait pendant le reste du jour une évaporation active, et par suite, une concentration ou même une dessiccation plus ou moins avancée.

» La présence d'une masse considérable de débris organiques dans ces eaux, devait avoir pour effet de les charger d'acide carbonique et de carbonate d'ammoniaque, et par conséquent, d'augmenter leur puissance de dissolution sur les calcaires et sur les phosphates. La présence du chlorure de sodium devait encore accroître la solubilité des phosphates. Mais lorsque le phosphate entrant ainsi en solution se trouvait amené au contact d'éléments calcaires, il devait se précipiter à la surface des grains de carbonote de chaux qui se dissolvaient partiellement.

» Ainsi s'explique le dépôt superficiel du phosphate mêlé de substances organiques qui enveloppe les grains calcaires et les menus débris d'ossements, et qui leur a donné une patine brune et brillante caractéristique. Les blocs ou galets de calcaires, comme il s'en trouve parfois au milieu des grains de phosphate, ont reçu une enveloppe et une patine semblables, mais sans que le phosphate pût pénétrer au delà de la surface, fait assez fréquent, dans les gisements en Algérie.

» Remarquons enfin que, parmi les sels de la mer qui devaient se concentrer sur les rivages plats ou dans les lagunes chaque fois que la mer se retirait, se trouvait du flurorure de calcium qui devait naturellement se fixer sur les débris d'os, les écailles, les grains phosphatés de toute espèce, et les transformer en fluophosphates plus ou moins voisins des apatites.

» L'expérience nous a montré que cette fixation de fluorure est particulièrement favorisée par la concentration et l'évaporation jusqu'à sec des eaux qui imprègnent les phosphates ; or, ce sont précisément les circonstances qui ont dû se réaliser une infinité de fois sur ces rivages plats, sous l'influence du flux ou du reflux de la mer pendant la durée de cette époque géologique.

» On conçoit aisément que la diversité des conditions géographiques ait pu entraîner les diversités correspondantes dans la composition des phosphates ; que les uns aient pu subir une fluoration plus avancée que les autres ; de même sur certaines plages il a pu se déposer une plus grande quantité de calcaires ; en d'autres endroits, il a pu se produire des dépôts gypseux ; ailleurs, des dépôts siliceux, qui se traduisent tantôt par de la silice diffusée dans des calcaires marneux, tantôt par des lits de silex en nodules.

» La composition des bancs de calcaires phosphatés a pu subir aussi quelques changements, postérieurement à leur dépôt et même à celui des couches qui les ont recouverts.

» Depuis que ces couches, primitivement horizontales, ont été plissées et relevées avec les couches de craie sous-jacentes, les eaux pluviales ont pu, en y pénétrant, donner lieu à de nouveaux phénomènes de dissolution calcaires, de dissolution ou de reprécipitation du phosphate ; le minerai phosphaté a pu devenir ainsi plus sableux et plus riche.

» Mais ces actions ont dû être toutes locales, et ne sauraient rendre compte que d'une partie des modifications physiques et chimiques éprouvées par les sédiments marins.

» Les transformations principales, et en quelque sorte définitives, ont dû se faire à l'époque même de la formation des sédiments, lorsqu'ils étaient encore baignés par les eaux salées des lagunes. »

CHAPITRE II

Description des gisements.

Nous venons de rappeler brièvement dans quel étage géologique on trouve les phosphates sédimentaires en Algérie ; nous avons reproduit les conclusions des recherches de M. Ad. Carnot ; passons maintenant à la description des différents gisements de la province de Constantine et d'Alger.

Pour la facilité de notre exposé, nous les partagerons en six groupes principaux :

Dans le département de Constantine.

1° Groupe du cercle de Tébessa et de la frontière Algéro-Tunisienne ;
2° Groupe de l'arrondissement de Guelma ;
3° Groupe des environs d'Aïne-Beïda et d'El-Guerah ;
4° Groupe de la région de Sétif et de Bordj-bou-Arréridj.

Dans le département d'Alger.

5° Groupe de Sidi-Aïssa ;
6° Groupe de Boghar et de Birin.

Notre idée première était de suivre pour cette description les rivages de l'ancienne mer suessonienne, ce qui aurait donné à notre exposé une forme plus rationnelle ; mais comme nous venons de l'expliquer, cette ancienne mer était surtout constituée de golfes et d'estuaires, et notre étude aurait risqué d'être confuse, étant donné surtout que l'emplacement d'une partie de ces rivages est encore inconnu et que les recherches du Suessonien en Algérie sont loin d'être terminées.

I. — Groupe du cercle de Tébessa et de la frontière tuniso-algérienne.

Les gisements de Tébessa avaient été déjà relevés par MM. Coquand et Thomas quand plus tard le savant M. Pomel a décrit l'horizon suessonien de cette région. En 1894, enfin, au moment de la mise en œuvre des premiers gisements, M. Blayac, géologue

attaché au service de la carte géologique, a publié un premier mémoire sur les phosphates du cercle de Tébessa (1); l'année suivante, M. Jacob, Ingénieur des mines, donnait à son tour des renseignements précieux (2) sur les gisements situés sur le haut plateau au sud de Tébessa.

Nous aurons souvent l'occasion de citer ces vaillants explorateurs. Mais depuis leurs publications, de nouvelles découvertes de phosphate ont pu être réalisées; elles nous permettront de compléter heureusement ces messieurs.

La ville de Tébessa, l'ancienne Theveste des Romains, qui était leur boulevard militaire contre les incursions des peuplades barbares sur le territoire de leur riche colonie, est située dans un col formé par la vallée de l'Oued-Kébir. Ce col appartient à une importante chaine de montagnes, une des nombreuses ramifications de l'Aures ayant une direction générale sud-ouest-nord-est.

Les gisements qui forment ce premier groupe dont nous abordons la description, se trouvent sur cette chaine, depuis le Djebel-Djerrar, au sud, jusqu'au Dyr-el-Kef, près de la ville du Kef en Tunisie, au nord, permettant ainsi de relever la présence de masses considérables de minerai sur une longueur de près de 176 *km*. Sur ce long parcours, les hautes cimes du Djebel-Djerrar, du Tasbent, du Dyr, du Galaa-es-Snam forment comme les témoins d'une longue bande suessonienne continue, dont certaines parties ont été enlevées par les érosions de l'époque quaternaire *(Pl. 195, fig. 1)*.

M. Blayac a donné une description détaillée des formations géologiques que l'on rencontre sur les gisements situés au nord-est de Tébessa, au Dyr et au Djebel-Kouif; nous retrouvons les mêmes étages géologiques depuis le Djebel-Djerrar jusque passé la frontière tunisienne au Galaa-es-Snam, à partir d'où se produisent quelques modifications de détail.

Cénomanien.

C'est, dit M. Blayac, le premier terrain que l'on rencontre sous les dépôts alluvionnaires de la plaine. On sait que cet étage appartient à l'âge crétacé, et qu'il a été classé par les géologues dans le crétacé supérieur. Souvent désigné dans le bassin de Paris, sous le nom de craie glauconieuse, il se trouve constitué

(1) Blayac, *Annales des Mines*, t. VI, 1894.
(2) Jacob. — *Annales des Mines*, t. VIII, 1896.

en Algérie par des marnes calcaires, riches en fossiles, qui alternent avec des bancs calcaires, souvent formés par des magmas d'*Ostracés*. Souvent, comme nous l'avons constaté d'une façon générale en Algérie, le Cénomanien disparaît et se trouve recouvert par des atterrissements quaternaires ou pliocènes.

Turonien.

Concordant avec le Cénomanien et au-dessus de lui, le Turonien présente un aspect tout différent. Comme le Cénomanien, le Turonien appartient au Crétacé supérieur, constitué à la base par des marnes calcaires, et à sa partie supérieure par des calcaires durs dolomitiques. Souvent aussi cet étage disparaît et se trouve recouvert par des alluvions anciennes.

Sénonien inférieur et supérieur.

Complétant la période du Crétacé supérieur, le Sénonien est constitué par des bancs de marnes grises qui sont en général intercalés dans des bancs de calcaires blancs ; cet étage recouvre le Turonien en stratification discordante. Ces marnes forment en général la base des montagnes de la chaîne que nous allons étudier. Les calcaires blancs qui forment le sénonien supérieur se délitent facilement en plaquettes, on y rencontre de nombreux *Inocérames* sous forme de moules.

Suessonien.

Les îlots de terrain suessonien qui contiennent le phosphate reposent sans discordance en stratification sur le terrain *sénonien supérieur*. Comme nous l'avons expliqué déjà, on peut considérer le Suessonien comme formant deux étages bien distincts ; à la base des marnes noires et grises, à la partie supérieure des calcaires d'abord marneux à rognons de silex avec couches de phosphates interstratifiées, le tout couronné par des calcaires compacts à Nummulites et Thersitea.

L'assise des marnes est d'épaisseur variable, mais toujours plus puissante dans cette partie est de l'Algérie que dans les autres parties du département de Constantine. Elle atteint au Dyr jusqu'à 120 *m*, au Kouif 50 *m*, au Kalaa-es-Senam un peu plus. Très souvent la base de ces marnes est imprégnée de cristaux de gypre. Les couches de phosphates reposent sur cette assise marneuse.

Pour nous résumer, nous reproduirons la coupe que donne M. Blayac de la succession des couches de l'étage suessonien sur le revers sud du Djebel-Dyr, à l'exploitation Crokston, ce tableau pourra servir de type en quelque sorte classique.

Tableau de la succession des couches au Djebel-Dyr, d'après M. Blayac (Pl. 195, fig. 2).

D.	δ Calcaire dur à *Nummulites* calcaires . . .	puissance 70 à 30 *m*
	γ Calcaire très dur à *Thersitea* siliceuses .	
	β Calcaire très dur à Nummulites siliceuses	
	α Calcaire compact avec rognons siliceux.	
C.	6 Calcaire blanc tendre à silex passant aux calcaires durs du dessus	3 à 4 *m*
	5 Couche de phosphate de chaux	0,50 *m*
	4 Calcaire blanc marneux à silex	2 à 3 *m*
	3 Couche de phosphate de chaux	0,60 *m*
	2 Calcaire blanc marneux à rognons de silex	4 à 5 *m*
	1 Couche de phosphate de chaux. . . .	3 *m*
B.	Marnes suessoniennes noires.	
A.	Calcaires à *Inocérames*, Sénonien supérieur.	

Rappelons en commençant maintenant la description des gisements du premier groupe par le Sud, que M. Pomel a établi la relation qui existe entre les gisements de Tébessa et ceux de Gafsa.

Décrivant (1) l'étage suessonien dans ces parages, M. Pomel signale la présence du phosphate au Djebel-Ong et au Djebel-Fougons et leur faisant suite, au delà de la frontière tunisienne, au sud, au delà de Tamerza, entre ce point et Gafsa.

Là, dit-il les dents abondent ainsi que les coprolithes et les bancs de phosphate intercalés dans les marnes gypsifères.

N'ayant pu par nous-même pousser aussi loin nos reconnaissances vers le sud, les premiers bancs de phosphate que nous avons rencontrés dans cette direction, se trouvent sur les contreforts du *Djebel Djerar*, haute montagne ayant une altitude de 1,250 *m*. Au-dessus du douar de Bir-Kreira, nous avons constaté l'existence, entre les marnes, de bancs de calcaires phosphatés d'une puissance de 60 *cm*. On retrouve au-dessous les bancs à

(1) Voir Pomel. *Description de la carte géologique*. Alger, 1889.

silex ; une analyse d'un échantillon prélevé sur cette montagne nous a donné 52 0/0 de phosphate avec 2 1/2 0/0 de fer et alumine. Un peu plus au nord, sur l'*Aghour-el-Kifène*, qui a une altitude de 1 300 *m*, nous avons retrouvé près de la source Aïn-Tidmit, des affleurements de phosphate. Malheureusement les terrains de recouvrement nous ont gêné pour déterminer l'importance des filons, et nous assurer si leur richesse et leur abondance permettent d'y entamer des travaux de recherches toujours dispendieux. Comme pour le Djebel-Djerar, l'éloignement de tout chemin de fer et même de toute route, rend l'exploitation de ces gisements problématique, et ils ne peuvent avoir pour le moment qu'un seul intérêt scientifique.

En remontant plus au nord, on arrive à un vaste haut plateau qui domine le petit village français de Youks-les-Bains et la vallée de Tébessa, on lui a donné le nom de *plateau de Cheria*. Moins connu en général que ceux du Dyr ou du Djebel-Kouif, il semble ne leur céder en rien au point de vue de la minéralisation; il se trouve, du reste, au même étage géologique. M. l'Ingénieur des mines Jacob a fait de son étude l'objet d'un rapport intéressant (1).

Au point de vue industriel, ce gisement paraît pouvoir prendre de l'importance, parce qu'en dehors de la masse de minerai qu'il contient, il paraît possible d'établir sur le haut du plateau même, une voie ferrée d'exploitation à l'aide de laquelle on amènerait les phosphates extraits sur la crête du Djebel-Bouzeiane d'où par un câble aérien, on pourrait les descendre à Youks-les-Bains, pour les charger ensuite en chemin de fer à la station de ce nom, sur la ligne Tébessa-Bône.

Ce grand plateau de Cheria est constitué, au point de vue orographique, par une succession de mamelons allant du nord-est au sud-ouest.

L'étage crétacé en forme l'ossature, et partout où les érosions de la période diluvienne se sont manifestées, le Turonien affleure dans les anticlinaux, tandis que le Suessonien se trouve formant de nombreux îlots sur les synclinaux.

Si, venant du sud, on pénètre sur le haut plateau en suivant la vallée et en remontant le cours de l'Oued-Cheria, on traverse la gorge formée par le resserrement de la vallée, limitée à l'est par le Djebel-bou-Kammech et à l'ouest par le Kef-en-Nessour. Le

(1) Jacob. *Annales des Mines*, tome VIII, 1896.

terrain suessonien inférieur apparaît dès l'entrée de la gorge et de suite on peut relever plusieurs affleurements de phosphate dont on pourra suivre les filons sur une longueur de plusieurs kilomètres jusqu'au douar d'*Aïn-Babouche* situé près de la source de ce nom. A partir de ces tentes, la bande suessonienne longe à l'est les monts Reddima et Krima jusqu'au Djebel-Teniet-Kelil, séparé qu'il est de ces premières montagnes, par une dépression que le terrain d'alluvion recouvre en partie. Nous avons constaté, sur tout ce parcours, plusieurs filons de calcaire phosphaté, superposés les uns aux autres entre les marnes. Ces filons représentent une puissance totale d'environ 4 *m*.

Dans les gorgès, les couches de phosphâte affleurent jusqu'au lit de l'Oued-Chèria au fond de la vallée. Elles traversent l'Oued et sur la rive gauche ces couches s'élèvent en gradins par suite des failles qui ont occasionné des rejets.

Nous donnons (*Pl. 195 fig. 3*) une coupe du Djebel-bou-Kemmech perpendiculairement à l'Oued-Cheria, à l'endroit où se trouve, sur cette montagne, le point géodésique placé à 1 380 *m* d'altitude. Nous signalons aux personnes qui traverseront les gorges, la position très caractéristique du terrain suessonien qui peut passer comme type classique pour les recherches de phosphate et qui se trouve dans le synclinal du crétacé.

M. l'Ingénieur Jacob estime que le gisement d'Aïn-Babouche est très étendu, mais il hésite à se prononcer sur son importance; ayant dû séjourner un certain temps dans ces régions, nous pourrons être plus affirmatif quant à la quantité du minerai : il y en a beaucoup ; et plusieurs échantillons que nous avons pris sur le Djebel-bou-Kemmech et sur les bords de l'Oued-Cheria, nous ont donné une moyenne de 64 0/0 de phosphate avec moins de 1 0/0 de fer et d'alumine.

En continuant notre course au nord et en remontant l'Oued, Cheria, on traverse péniblement, avant d'arriver à Cheria, les marécages formés par l'Oued, vu la faible pente du haut plateau, et on arrive au Bordj du Caïd militaire, situé près de la source de Cheria. Qu'il nous soit permis de remercier ici ce chef arabe de son aimable hospitalité. A l'est du Bordj, entre la piste allant vers le nord, à Tébessa, et les monts Rabet-es-Sid et Arhour, se trouve les gisements auxquels nous donnerons le nom de *Bir-Touil*. Ils s'étendent sur les mamelons formés par le Koudiat-Krah, ceux de Bir-Kracheba et de Bir-Touil, ces derniers suivant notre observation barométrique se trouvent à une altitude de 1 300 *m*

M. Jacob estime que le gisement de Bir-Touil représente un triangle ayant une base de 3 *km* et une hauteur dé 10 *km*, soit une surface de 15 *km²* dont, suivant lui, 1 000 hectares sont minéralisés.

Voici quelle est, suivant M. Jacob, la coupe géologique des affleurements relevés par lui, un peu au nord de Bir-Touil. On a dans l'ordre descendant :

Calcaire marneux avec silex en rognons et mince couche de phosphate	1 *m*
Banc de silex	0,20 *m*
Phosphate dur.	0,30
Banc de silex	0,10
Phosphate.	0,20
Calcaire marueux avec silex	0,80

En dessous, se trouve une couche de phosphate tendre, et d'épaisseur inconnue, le mur étant recouvert par les éboulis.

A l'est de Cheria on doit signaler également les mamelons dits de *Draa-Douamis*, d'une altitude de 1 130 *m* environ, sur lesquels, entre les bancs de silex, nous avons relevé deux bancs de calcaire phosphaté qui contournent le mamelon principal, et dont l'un a une puissance de 80 *cm* et l'autre de 40 *cm*.

Plus au nord, tout en suivant la piste de Cheria à Tébessa, on passe au pied du *Djebel-Tasbent* ou Trazbennt. Cette haute montagne est isolée au milieu du plateau, le point géodéisique placé sur son sommet se trouvant à la cote 1 450 *m*. De ce haut point central, on aperçoit au nord, à une trentaine de kilomètres le plateau du Dyr, et par les temps clairs, le profil du Galaa-es-Snam, en Tunisie. Comme les versants du Tasbent sont en partie recouverts de terre et de végétation, il nous a été impossible de discerner la succession des couches géologiques, au niveau du phosphate. Nous avons pu cependant relever les affleurements de quatre bancs de calcaires phosphatés superposés au milieu d'une couche de calcaires marneux et de silex ayant une puissance d'environ 25 *m*.

La principale de ces couches de phosphate nous a donné une puissance de 1,20 *m*, et l'échantillon que nous en avons pris donne à l'analyse 66 0/0 de phosphate de chaux.

Le Tasbent est couronné, on le sait, par deux sommets distincts, le Tasbent-Kébir ou Grand-Tasbent et le Tasbent-Sérir, petit Tas-

bent. Les calcaires nummulitiques qui les recouvrent ont une puissance d'environ 80 *m*. A la base on rencontre quantité de pierres roulantes de phosphate siliceux, qui, roulées depuis des siècles, ont pris la forme de galets et sont très dures ; elles ne titrent souvent que de 30 à 50 0/0, ce qui semble indiquer que tout le phosphate de Tasbent n'est pas d'un titre élevé.

Partout, sur le pourtour du Tasbent, on voit les bancs de silex qui jalonnent en quelque sorte le calcaire phosphaté, là où il est masqué par les éboulis ou par la végétation. Les couches du Tasbent sont sensiblement horizontales, ce qui ultérieurement facilitera singulièrement la mise en exploitation du phosphate, et les conditions générales du gisement sont analogues à celles du Djebel-Dyr que nous allons exposer ci-après.

A la suite des affouillements des marnes à la base pendant la période diluvienne, il s'est produit sur le Tasbent une série d'éboulements de calcaires suessoniens, qui ont fourni, à l'ouest de cette montagne, une série de mamelons suessoniens avec renversement ou d'autres fois, simple glissement des couches.

Parmi les plus importants est la Djema-ben-Titaïa, qui atteint encore une altitude de 1 189 *m*, et se trouve couronné à son sommet par un marabout. Nous y avons constaté aussi, ainsi que sur les mamelons voisins, la présence du calcaire phosphaté, mais avec de nombreuses fractures. Sur les berges de l'Oued-Blilia et de l'Oued-Metradef, généralement à sec, on relève des affleurements de phosphate, et l'eau a mis le filon à découvert sur un assez long parcours, qui permet de constater l'importance du gisement.

A 200 *m* environ du marabout, Ben-Titaïa, se trouve, à la base d'un mamelon voisin, une grotte, creusée sansdoute par les animaux sauvages sur une hauteur de 1 *m* environ. On peut y observer entre les couches de silex, deux petites couches de phosphate d'un calcaire tendre dont l'échantillon nous a donné à l'analyse 63 0/0 de phosphate.

Les mamelons suessoniens dont nous parlons, se continuent à l'ouest jusqu'au puits (Bir) *Ksar-Belkassen* pour prendre, à partir de là, une direction nord, vers le Djebel-Troubia, en formant une bande suessonienne variant de 2 à 3 *km* de large. Souvent le sommet de ces collines a été lavé ou le calcaire phosphaté enlevé par l'érosion; nous croyons que, comme pour le Djebel-Tasbent, ces monticules sont des glissements provenant du Djebel-Gaaga qui forme la ceinture du haut plateau, à cet en-

droit vers le nord, et qui est constitué à sa crête par les calcaires à *Inocérames* appartenant au Sénonien supérieur.

Ceci nous explique le renversement des couches que nous avons pu constater sur plusieurs de ces collines. Les bancs de phosphate que nous avons pu suivre se trouvent du reste toujours entre les calcaires à silex, et leur puissance varie de 0,30 à 0,80 *m*, avec un minerai qui titre au moins 60 0/0 de phosphate.

M. l'Ingénieur Jacob estime le gisement de cette bande à une surface utile de 500 *ha*; nous pensons, quant à nous, que cette évaluation est des plus modérée.

Près de la source d'Aïn-Gaaga, sur le Djebel-Gaaga, nous avons pris un échantillon de calcaire à *Inocérames* sur la face anticlinale de la montagne; l'analyse nous a permis de voir que ce calcaire contient du phosphate en petite quantité.

Le *Djebel-Troubia*, faisant suite au Djebel-Gaaga, continue au nord la ceinture du haut plateau de Cheria. Il a une altitude de 1 440 *m*. Aux environs d'Aïne-Troubia et près du marabout du Koudiat-Chabor, on constate la présence d'un calcaire dur, riche en phosphate. Dans l'état actuel du gisement, il est difficile de déterminer d'une façon précise la puissance des couches, étant donné surtout que les bancs prennent une inclinaison de 30° environ, et grâce à cette pente, les calcaires de recouvrement sont fortement ravinés.

Nous estimons cependant que ce gisement est très intéressant, car par les affleurements que l'on peut voir sur la face sud du Djebel-Troubia, nous pensons que la ligne de phosphate se poursuit depuis le Koudiat-Chabor à l'est, jusqu'à l'Aïn-Kremoura, à l'ouest, représentant une surface minéralisée de 1 200 à 1 500 *ha*. Nous donnons *(Pl. 195, fig. 4)* une coupe du gisement du Djebel-Troubia. Nos recherches sur le Djebel-Serdies, qui limite le plateau au nord-ouest, ne nous ont pas donné de résultat, mais plus à l'ouest, au *Djebel-Gourrigueur*, dernier contrefort du plateau de Cheria, nous avons trouvé dans la gorge, entre le Djebel-Gourrigueur et le Djebel-Stiah, non loin de la source d'Aïn-Raba, et à gauche de la piste de Cheria à la Meskiana, plusieurs bancs de marnes et de calcaires phosphatés.

Ces filons, superposés les uns aux autres et d'une puissance moyenne de 60 à 80 *cm*, sont recouverts par les calcaires à nummulites qui ont une épaisseur d'environ 20 *m*. L'analyse d'un échantillon nous a donné 57 0/0 de phosphate.

La Compagnie de l'Est-Algérien poursuit actuellement ses études

en vue d'obtenir l'autorisation de prolonger jusqu'à Tébessa sa voie ferrée, dont le point terminus se trouve actuellement à Aïn-Beïda. Ce prolongement, qui passerait par la Meskiana, concurrencerait à Tébessa la Compagnie Bône-Guelma et recevrait l'excédent de phosphate que cette Compagnie ne peut transporter avec les fortes pentes et les courbes à faible rayon de la voie jusqu'à Souk-Aharas et même Duvivier. Le port de Philippeville entrerait ainsi en concurrence directe avec celui de Bône. Le voisinage du Djebel-Gourrigueur de la Meskiana et de la future ligne de chemin de fer, rend la présence du phosphate intéressante sur cette montagne, et nous nous proposons de prospecter à nouveau cette région, où les recherches ont été un peu négligées. Nous sommes heureux d'y signaler, dès aujourd'hui, la présence du précieux minerai

A la suite du plateau de Cheria, la chaîne de montagnes que nous décrivons se trouve coupée par la vallée de l'Oued-Djerboua sur la rive duquel se trouve la ville de Tébessa, chef-lieu de cercle militaire et ancienne ville romaine dont il reste des ruines si attrayantes et si curieuses. En poursuivant notre marche au nord-est, nous allons aborder maintenant l'étude des gisements plus connus sous le nom de *gisements de Tébessa*, dont les concessions ont donné lieu à tant de polémiques et ont introduit malheureusement la question politique dans la découverte des phosphates en Algérie. Mais nous éviterons de parler ici des polèmiques souvent délicates qu'on a soulevées.

On sait, comme nous l'avons dit, que ces trois exploitations ont déjà été décrites par M. Blayac (1), attaché à la carte géologique; nous n'aurons donc qu'à compléter son travail sur certains points.

Le gisement du Djebel-Kouif est à cheval sur les frontières tunisiennes et algériennes, la partie principale se trouvant d'après la carte d'état-major, en Tunisie, et d'après les plans de la commune de Morsott, en Algérie. Il se trouve à 27 *km* au nord-est de Tébessa.

Le *Djebel-Kouif* est composé essentiellement de deux grands plateaux, celui d'Aïne-el-Bey à l'altitude de 1 160 *m* en Algérie, et celui d'Aïne-el-Kébir à l'altitude de 1 180 *m* en Tunisie. On y constate l'existence d'une seule couche de phosphate qui atteint parfois jusqu'à 6 *m* de puissance, et semble s'étendre sur les deux plateaux dont la périphérie est d'environ 18 *km*, les éboulis des

(1) Blayac, *Annales des Mines*, tome VI, 1894.

calcaires du toit étant peu importants. On peut suivre ainsi le banc sur le pourtour des deux plateaux ; dans la partie nord principalement, il se trouve plusieurs intercalations de silex et de marnes, l'une de 30 *cm*, l'autre de 50 *cm* environ. Ces intercalations disparaissent en partie quand on avance dans les travaux en direction.

Nous donnons *(Pl. 195, fig. 5)* une coupe du Djebel-Kouif suivant M. Blayac. Le calcaire phosphaté du Djebel-Kouif a une apparence grise, il blanchit au contact de l'air. C'est un calcaire dur pour les phosphates titrant de 58 à 65, les plus abondants, et il devient très tendre pour les titres de 65 à 72 0/0. Les travaux préparatoires ont mis en évidence un cube de minerai de plus de 6 millions de tonnes, mais on peut dire que les gîtes n'ont été qu'effleurés, et que les quantités de phosphate contenues dans la concession sont pratiquement inépuisables pendant sa durée, même dans le cas où le retrait de concession prononcé par le Gouvernement ne serait pas confirmé par le Conseil d'Etat, auprès duquel les Compagnies évincées se sont pourvues.

Le Djebel-Kouif est exploité par la Compagnie anglaise fondée par M. Jacobsen, *The Constantine Phosphate Company*. Grâce à la disparition sur une partie du plateau du calcaire nummulitique, on peut exploiter à ciel ouvert ; mais on pourrait se demander, en voyant l'état de l'exploitation, si cette facilité constitue bien un avantage.

La *Constantine Phosphate Company*, s'est imposé des frais considérables pour relier son exploitation à la gare de Tébessa par une voie ferrée au même gabarit que la ligne Bône-Guelma. Cet embranchement facilite l'écoulement, sans transbordement, des phosphates à Bône. Il a 30 *km* de longueur, et la Compagnie est propriétaire de 60 wagons et 3 locomotives. Pour compléter ces renseignements, ajoutons que le Djebel-Kouif avait été concédé à M. Bertagna, ancien maire de Bône, par la commune mixte de Morsott ; l'on se rappellera qu'une partie des difficultés viennent de ce qu'il a rétrocédé son contrat avec une majoration de prix à la Compagnie anglaise qui paie le phosphate 1,50 *f* par tonne expédiée.

A 7 *km* au nord de Tébessa, se trouve l'exploitation de la Compagnie française des phosphates de Tébessa, qui exploite les rejets du Djebel-Dyr d'où sort la source *d'Aïn-Kissa*. Cette Société d'origine parisienne a été fondée par d'importants négociants en produits chimiques, MM. Tancrède, Monod et Hébré, aidés de quelques

exploitants de phosphate de la Somme, MM. Delmotte et Patin, qui ont mis en valeur la concession accordée, également par la commune mixte de Morsott, à un ancien colonel du 3e zouaves, M. Corps, devenu colon algérien à la Meskiana.

Des trois exploitations, c'est la plus rapprochée de la voie ferrée; pour se relier, la Compagnie française a construit un petit embranchement à voie étroite d'une longueur de 9 *km* qui aboutit à la station de Youks-les-Bains.

M. Blayac s'exprime ainsi sur la formation géologique de ce gisement (1) :

« On ne retrouve plus ici la grande couche du Dyr, mais une série de couches en nombre un peu variable et qui paraissent provenir du dédoublement de celle qui, au Dyr, a 3 *m* d'épaisseur. La plus épaisse que j'aie vue est à Aïn-Kissa même et au Coudiat-Cournou situé à côté, elle a 1,60 *m* et 1,80 *m* environ de puissance, les trois quarts en sont exploitables. J'ai compté en plusieurs points, et notamment au Coudiat-Cournou ; en bas de la source d'Aïn-Kissa, jusqu'à six couches de phosphates interstratifiés dans les calcaires marneux à rognons de silex. Chaque banc de phosphate a son toit formé par un banc de silex. Ces bancs n'ont jamais moins de 0,80 *m* et beaucoup ont plus de 1 *m*. Malheureusement pour les exploitants, les nombreuses failles qui ont disloqué ce lambeau n'ont permis aux phosphates d'affleurer que dans une faible partie celle de l'ouest. Toute la partie située à l'est est plus tranquille, moins faillée, mais les calcaires supérieurs sont visibles. »

Comme le dit le savant géologue, le gisement d'Aïn-Kissa comporte de nombreuses fractures, les calcaires phosphatés proviennent évidemment du plateau supérieur du Dyr, résultat de glissements et de renversements.

Depuis le passage de M. Blayac, la Compagnie française, après les premiers tâtonnements du début, a transporté le centre de son exploitation dans la région plus réglée de l'est, à Aïne-Diba. Dirigée par un de nos jeunes collègues, M. Charles Michel, membre de notre Société, l'exploitation a pris aujourd'hui bonne allure, les hésitations du début sont réparées, et nous adressons ici toutes nos félicitations à l'habile directeur de la Société.

Nous avons pu parcourir plusieurs kilomètres de galerie sans quitter pour ainsi dire le minerai, en remarquant qu'au fur et à

(1) Blayac, *Annales des Mines*, tome VI, 1894.

mesure de l'enfoncement dans la montagne, les bancs phosphatés sont plus réguliers, et que plusieurs bancs de silex qui séparent certaines couches à l'affleurement, disparaissent en ne laissant qu'un seul filon qui atteint parfois une puissance de 2 *m*. Il n'est donc pas douteux que cette exploitation donnera, par la suite, les meilleurs résultats. La Compagnie française a installé, à proximité de son embranchement, un atelier de séchage avec fours Ruelle et de broyage. Cette installation lui permettra d'épurer son minerai et de ne livrer, d'une façon courante, que des minerais titrant au-dessus de 65 0/0.

On désigne sous le nom de *Dyr* un immense plateau d'environ 50 *km* de tour, et ayant la forme d'un vaste rectangle. Ce plateau est couronné par des bancs calcaires que l'on aperçoit de loin, comme nous le disions tout à l'heure en décrivant le plateau de Chéria. Les uns, comme le Ras-Chettabia et le *Djebel-Dyr*, ont une altitude qui va jusqu'à 1 500 *m*, d'autres, comme le Gueb-el-Dyr et le Ras-Tata plus au nord, ne dépassent pas 1 200 *m* d'altitude.

L'assise des marnes suessoniennes est beaucoup plus forte au Dyr qu'au Kouif. Elle atteint, suivant M. Blayac, jusqu'à 120 *m*. L'ensemble des couches à phosphates, comme on peut le constater au Djebel-Dyr, au Ras-Tata, à Aïne-Gastel, près du Gueb-el-Dyr, varie de 12 à 17 *m*. Elles sont d'un aspect grisâtre ; le principal filon, d'une puissance de 3 *m* environ, ne titre souvent, dans sa partie supérieure au contact des calcaires et sur une épaisseur d'environ de 0,70 *m* que 50 à 52 de phosphate, par suite d'une gangue siliceuse qui rend du reste le minerai très dur. Il serait facile d'utiliser ce minerai sur place en Algérie ou de l'enrichir par un lavage après broyage, ou même un simple débourbage, étant donnée la différence de densité de la silice, et c'est un véritable crime de voir jeter au remblai de pareilles richesses agricoles. Cela tient évidemment à la rédaction des contrats de concession, qui ne frappent de la taxe de redevance que les minerais expédiés par voie ferrée ; l'intervention de l'Administration des Mines nous semble devoir s'imposer dans de telles circonstances.

D'une façon générale, le phosphate dose, sur tout le plateau du Dyr, de 65 à 69 0/0 de phosphate tribasique, pour atteindre, dans les parties tendres, jusqu'à 73 0/0. Nous en donnerons plus loin quelques analyses détaillées, mais nous pouvons dire qu'à partir du titre de 63 0/0, le minerai est, en général, très pur et ne contient pas plus de 1 0/0 de fer et d'alumine. Sans égaler,

comme qualité pour la fabrication des superphosphates, le minerai des environs de Sétif, qui pour cette fabrication est un véritable minerai type, on est d'accord pour reconnaître qu'il s'attaque très bien par l'acide sulfurique, en produisant un superphosphate dosant de 12 à 15 0/0 d'acide phosphorique soluble. Étant donnée la faible teneur en fer et alumine du minerai, le superphosphate ne subit pas de rétrogradations, et se trouve être en majeure partie du monobasique.

Le gros banc de phosphate d'une puissance de 3 *m* dont nous parlons plus haut se poursuit régulièrement sur tout le plateau du Dyr. Nous avons relevé toujours à peu près la même puissance, chaque fois qu'il n'est pas recouvert par les éboulis de calcaires du toit, soit à l'exploitation Crokston, soit à Aïne-Gastel ou au Ras-Tata.

Les calcaires à *Nummulites* qui recouvrent les couches de phosphate ont une épaisseur moyenne de 80 *m* au sud du plateau; vers le nord, cette puissance ne dépasse pas 50 *m*, la partie supérieure des calcaires ayant glissé et cachant par ses éboulis une partie de l'étage des marnes et des couches à phosphate.

Nous donnons, *(Pl. 195, fig. 6)*, une coupe du Djebel-Dyr, que nous empruntons au mémoire de M. Blayac.

La principale exploitation du Dyr appartient à la Société anglaise *Crokston Brothers de Glascow*. Comme celle de la Société française, cette exploitation est souterraine et a pour toit le manteau de calcaire nummulitique.

Malheureusement, l'attaque de l'exploitation a été faite trop haut, de sorte que les galeries suivent dans leur avancement une forte pente qu'il faut remonter pour sortir le minerai, et qui est gênante pour l'extraction des produits. Les phosphates sont à leur sortie des galeries classés en deux catégories, suivant lesquelles sont passés les marchés, le 58/63 et le 63/70.

Au début de l'exploitation, MM. Crokston se servirent de chameaux pour transporter le minerai à la voie ferrée distante d'environ 16 *km*. La charge d'un jeune chameau étant de 300 à 400 *kg*, le prix de revient par tonne kilométrique était d'environ 0,30 *f*.

L'exploitation est aujourd'hui reliée à la voie ferrée par une série d'installations diverses.

L'ouverture des galeries se trouve presque au haut de la montagne; un plan incliné descend le minerai tout d'abord sur le haut plateau, le train de wagons pleins remontant dans sa descente le câble auquel est accroché le train de wagons vides. La

traction animale conduit ensuite les wagonets jusqu'à l'usine qui se trouve à l'extrémité du plateau, sur la cime du Djebel-Fellah.

Le phosphate y est d'abord soumis à une première cuisson, dans une sorte de four à chaux, puis on le fait passer dans un cylindre muni d'un arbre central pour renouveler les couches de phosphate, et à travers lequel les gaz chauds circulent intérieurement et extérieurement.

Ce séchage enrichit sans nul doute le phosphate ; mais trop actif dans le four à chaux, il a l'inconvénient, pour la transformation ultérieure du minerai en superphosphates, de décomposer une partie du carbonate de chaux qui s'y trouve contenu, de sorte que, pour avoir un superphosphate bien sec, les fabricants d'engrais sont forcés souvent de mélanger avec les phosphates dits de Tébessa, des phosphates riches en calcaires.

De l'usine, on descend le phosphate dans la vallée au moyen d'un câble aérien, où on le charge alors dans des wagons Decauville qui le conduisent à la ligne du Bône-Guelma. L'exploitation Crokston travaille, en général, sur la base d'une extraction de 200 *t* par jour.

Un peu au nord de la Société Crokston, nous avons visité les travaux de mise en œuvre commencés sur le Dyr par MM. Bouillon, Berthier et C^ie^, de Paris. Ils sont non loin de la source Aïne Zaoua, sur les terrains que l'ancien caïd Ben Lakdar a vendus à ce syndicat. Nous avons pu nous rendre compte de la grande richesse de minerai qui existe sur cette exploitation, mais elle a malheureusement dû être suspendue, momentanément espérons-le, par suite de difficultés qui se sont élevées avec l'administration algérienne qui reproche au caïd Ben Lakdar d'avoir disposé de terrains *archs*, c'est-à-dire de propriétés dont lui et sa famille auraient la simple jouissance et dont la nue propriété reviendrait à l'État.

Comme l'on sait, les trois exploitations dont nous venons de parler, plaident contre l'État, à la suite du retrait de concession qui a été prononcé ; le cadre de notre travail ne nous permet pas d'entrer dans plus de détails à ce sujet.

Par suite de ces circonstances, l'extraction du phosphate n'a pas encore pris à Tébessa l'extension que les exploitants pensaient lui donner avec les installations perfectionnées que les trois Compagnies ont installées à grands frais sur leurs chantiers et la richesse des gisements.

Nous donnerons ci-après, en étudiant le marché des phos-

phates dans le monde, un détail complet des expéditions de minerai du rayon de Tébessa.

Mais nous dirons déjà qu'elles ont été :

En 1893	de tonnes	6 162
— 1894	—	53 232
— 1895	—	136 580
— 1896	—	157 956

Avant d'aller plus loin, nous donnerons quelques analyses complètes des phosphates provenant de ces exploitations.

M. Ad. Carnot, Inspecteur général des mines, donne dans son mémoire (1) les analyses suivantes : . . . . . .

Échantillon du Djebel-Dyr (Exploitation Crokston).

Acide phosphorique .	33,67		
Acide sulfurique. . .	1,40	Correspondant à :	
Acide carbonique. . .	5,00	$Ca^3 P^2 O^8$	73,52
Fluor.	2,45	$Ca Fl^2$.	5,03
Chlore	traces	$Ca So^3$.	2,38
Chaux	50,55	$Ca Co^3$	10,34
Magnésie	0,40	$Mg Co^3$	0,84
Alumine et fer. . . .	1,70	$Al^2 O^3$, $F^2 O^3$.	1,70
Silice.	0,40	$Si O^2$.	0,40
Perte au feu.	6,07	Eau, mat. organiques.	6,07
	101,64		100,28

Échantillon d'Aïne-Dibba (Société française).

Acide phosphorique .	32,22		
Acide sulfurique . . .	1,54	Correspondant à :	
Acide carbonique . .	6,15	$Ca^3 P^2 O^8$	70,34
Fluor.	2,80	$Ca Fl^2$.	5,74
Chlore	traces	$Ca So^4$.	2,62
Chaux	50,71	$Ca Co^3$	12,78
Magnésie	0,48	$Mg Co^3$	1,00
Alumine et fer. . . .	1,95	$Al^2 O^3$, $Fl^2 O^3$.	1,95
Silice.	0,87	$Si O^2$	0,87
Perte au feu.	4,36	Eau, mat. organiques.	4,36
	101,08		99,66

(1) Ad. Carnot, *Annales des Mines*, t. X, 1893.

M. Aubin, chimiste à Paris, a, d'autre part, publié les analyses suivantes :

SUBSTANCES DÉTERMINÉES	ENVOI DE M. AUBERT, DIRECTEUR DE LA COMPAGNIE BONE-GUELMA						ENVOI de MM. Héberd et Giraudi	
	MM. Crétaton et Cie		Société Française		MM. Jacobsen et Cie		Roche tendre stratifiée	Roche dure
	1	2	1	2	1	2		
Acide phosphorique. . .	29,76	28,86	29,44	27,36	29,50	27,84	26,11	30,27
Acide sulfurique	1,54	1,57	1,64	1,68	2,36	2,40	1,23	1,81
Silice	0,26	0,96	2,96	1,66	0,56	0,80	0,08	0,24
Alumine	0,31	0,22	0,63	0,38	0,22	0,35	0,15	0,25
Sesquioxyde de fer . . .	0,24	0,30	0,27	0,27	0,30	0,24	0,18	0,21
Chaux	50,68	50,96	48,21	47,26	49,16	49,33	51,68	49,28
Magnésie.	0,20	0,69	0,20	0,98	0,58	1,78	0,45	0,47
Matières organiques. . .	5,30	4,20	4,80	4,80	3,60	3,90	4,94	4,66
Acide carbonique et fluor.	8,71	9,54	7,95	11,51	9,32	10,16	13,84	11,33
Humidité	3,00	2,70	3,90	4,20	4,40	3,30	1,34	1,48
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Acide phosphorique soluble dans le réactif du Dr Wagner.	1,60	»	»	»	»	»	»	»

On sait, d'autre part, que 1 0/0 d'acide phosphorique correspond à 2,18 0/0 de phosphate tribasique de chaux.

Il résulte donc de ces analyses que le phosphate tribasique varie de 55 à 73 0/0, et la teneur en calcaire de 20 à 40 0/0. Ces phosphates sont pauvres en silice, alumine, sesquioxyde de fer et magnésie; ils sont, par suite, très propres à leur transformation en superphosphates.

Poursuivant notre étude, le plateau du Dyr est coupé au nord, quelques kilomètres avant d'arriver à la frontière tunisienne, par la vallée formée par l'Oued-bou-Touil.

La même formation géologique se poursuit sur l'autre versant de la vallée, et après avoir passé la frontière, on la retrouve dans toute la région avant d'arriver au *Kalaa-es-Senam*, où elle est tout à fait caractérisée.

Dès 1891, le géologue Thomas écrivait (1) au sujet de ce plateau où, au cours de sa mission en Tunisie, il avait le premier signalé le phosphate :

(1) Thomas, *Bulletin de la Société géologique*, 1891.

« C'est un immense bloc calcaire d'une seule pièce, cubant plus de 20 millions de mètres, ayant la forme d'un rectangle à pans coupés verticalement *(Voir Pl. 195, fig. 7)* d'une hauteur de plus de 50 *m*, et posé presque en équilibre au sommet d'une pyramide quadrangulaire, dont la base repose sur un large massif de collines crétacées. Un étroit escalier, entaillé par les hommes dans l'escarpement nord de cette énorme table de géants, donne seul accès sur sa plate-forme supérieure, vers le milieu de laquelle se dressant les misérables masures d'une zaouïa construite avec les débris de monuments antiques. Ce bloc de calcaire sub-cristallin, rougeâtre, très dur, ne peut être comparé par sa richesse en *Nummulites*, qu'à ces fameux Monts-Écrits des environs du Caire, dont les géologues voyageurs ont donné maintes fois la description. Les débris de *Foraminifères* y sont tellement abondants que l'on ne pourrait y pratiquer, sur n'importe quel point, une coupe de quelques centimètres carrés seulement sans en rencontrer plusieurs dizaines. On peut dire, sans crainte d'exagérer, que ces organismes forment à eux seuls les 90 0/0 de la masse totale de la table du Kalaa-es-Sinam. La roche, elle-même, est très homogène, dans sa texture, mais on y rencontre çà et là quelques petits grains anguleux de quartz, parfois rougeâtre ainsi que quelques nodules gris, fondus dans la masse et contenant des traces d'acide phosphorique ; j'y ai aperçu quelques fragments de dents de poissons. Mais vers la partie supérieure de cette immense table, d'assez nombreuses empreintes d'huîtres viennent se mêler aux *Nummulites ;* j'ai pu reconnaître avec certitude l'*Ostrea multicosa* dans le calcaire qui forme le palier supérieur de l'escalier dont il a été question plus haut. Les Nummulites du Galaa-es-Snam paraissent semblables à celles du Dyr-el-Kef, appartenant, d'après MM. Ficheur et Pomel, aux mêmes groupes que celles du Dekma, près Souk-Ahras et du Djebel-Dyr-de-Tébessa, c'est-à-dire aux groupes *N. Biarritzensis* et *N. Gizehensis* qui caractérisent l'Éocène inférieur d'Algérie. »

Déjà, avant d'arriver au Galaa-es-Snam, on peut, depuis la frontière, relever l'étage suessonien et constater la présence de bancs de phosphate au Harrath-Mehamza près de la source Aïne-Taguia. Le Galaa-es-Snam, d'une altitude de 1 250 *m*, domine le Harrath-Mehamza; les bancs phosphatés y alternent avec la marne et les trois principaux sur lesquels on a entrepris des travaux de reconnaissance depuis février 92, représentent une puissance totale de 10 à 11 *m*.

Ces couches de phosphates s'étendent également sur les contreforts du Galaa-es-Snam, sur le Djebel-el-Richiouna jusqu'au Kondiat-Frétissa, présentant ainsi un cube important de minerai, dont les échantillons nous ont donné à l'analyse de 60 à 68 0/0 de phosphate tribasique.

Un peu plus loin, toujours dans cette même région, on a également entrepris des travaux de reconnaissance, sur le Kef-Rebiha et le Kef-Khakiche. A partir du Galaa-es-Snam, le calcaire nummulitique ne repose pas directement sur des alternances de marnes ou de calcaires à phosphates, mais sur une couche de calcaire blanc à *Gastropodes*.

C'est là un terme de passage entre les formations franchement *nummulitiques* du Dyr ou du plateau de Cheria et celles à *faciès pélagique* des gisements de Gafsa que caractérise le calcaire supérieur à plaquettes.

Il est regrettable que cette grande réserve de minerai phosphaté, dont le titre élevé se prêterait bien à l'industrie des engrais, soit aussi éloigné de toute voie ferrée ou même de toute route carrossable. Il faudrait un embranchement de plus de 80 *km* pour se raccorder à la voie ferrée de Tébessa à Souk-Ahras, avec de nombreux travaux d'art qui nécessiteraient une dépense très importante. Et cependant, dans l'état actuel des découvertes, ces gisements sont peut-être les plus sérieusement importants de la Tunisie.

Nous ne dirons que peu de chose du gisement du *Kef*, le présent mémoire ne comprenant pas l'étude des gisements tunisiens, dont nous négligeons l'étude par suite de l'article 13 de la convention de Gafsa et du décret beycal réglant la concession des gisements en Tunisie. En présence de l'attitude singulière de l'Administration du Protectorat, nous préférons nous abstenir. Nous ferons simplement remarquer que le plateau du *Dyr-el-Kef*, sur lequel se trouve ce gisement, est un vaste plateau nummulitique, situé à côté de la ville du Kef, à une altitude de 850 *m*. Il est le dernier témoin suessonien de la chaîne de montagnes que nous venons de parcourir.

Les couches de phosphate, se trouvent à la base du plateau nummulitique, et les travaux de recherches qu'on y poursuivait en 1896 ont permis de constater une puissance totale des couches phosphatées d'environ 7 *m*.

Malheureusement, le bas titre de ces phosphates, 35 à 40 0/0, et l'éloignement de la ville du Kef de toute voie ferrée, nous portent

à penser que ce gisement ne peut avoir aucun intérêt industriel. Nous avons terminé maintenant l'étude des gisements de Tébessa et de la frontière tuniso-algérienne dont nous indiquons l'ensemble par notre carte *(Pl. 195, fig. 1)*; nous allons aborder maintenant l'examen des gisements du centre du département de Constantine, qui s'étendent depuis Souk-Ahras à l'est, jusqu'à El-Guerrah et Aïn-Fakroun à l'ouest.

II. — Gisements du groupe de l'arrondissement de Guelma.

Les gisements des environs de *Souk-Ahras* sont les premiers phosphates qui aient été l'objet d'une exploitation régulière en Algérie, il y a quelques années déjà. Les cours élevés du phosphate à cette époque, la proximité du port de Bône, avaient tenté l'inventeur de ces gisements, M. Weterlé. Il avait entrepris l'exploitation des couches marneuses du Djebel-Dekma, situé à quelques kilomètres du sud-ouest de Souk-Ahras.

Les exploitants avaient construit dans ce but, à proximité de la gare de Souk-Ahras, une usine de broyage et de lavage. Nous devons dire qu'ils ont échoué dans leurs tentatives, la basse teneur de ces marnes phosphatées, dont le titre à l'état brut ne dépassait pas 40 à 45 0/0 de phosphate, ne leur permettait pas d'enrichir leurs minerais après un lavage coûteux au delà de 50 à 55 0/0. L'exploitation a dû s'arrêter lors de la grande baisse qui a suivi en Europe la découverte des gisements américains de la Floride.

M. Pomel a décrit (1) la géologie du Djebel-Dekma. Les calcaires à nummulites du Suessonien supérieur y occupent un développement important, et servent de toit à une forte assise de marne jaunâtre contenant une assez forte proportion de phosphates et de dents de squales. Les phosphates se présentent sous forme de poudingues caractérisés par des grains verts de glauconie. Les couches, qui sont quelquefois superposées, ont une puissance variant de 0,30 *m* à 1,50 *m*, mais le minerai subit à de faibles distances des teneurs très variables.

Plus tard M. Weterlé a retrouvé une autre formation phosphatée reposant plus bas, directement sur le calcaire à *Inocérames*, qui titrait de 50 à 60 0/0. Ce fait est intéressant, il confirme la ren-

(1) Pomel, *Description de la carte géologique de l'Algérie*, Alger.

contre que nous avons faite près de Youks-les-Bains de phosphate reposant aussi sur le calcaire à *Inocéranes*. Il ouvre des horizons nouveaux aux chercheurs, comme par exemple aux Tamarins ou à El-Kantara, sur la ligne de Biskra, où vient affleurer ce même calcaire.

On a retrouvé dans cette même région de Souk-Ahras, près des carrières d'Aïne-Seymour, des bancs de phosphate affleurant dans les grès écocènes. On peut les suivre le long de la voie ferrée du Bône-Guelma, près de la ferme Lescot et de la station de Tarja, puis après avoir traversé la rivière de la Medjerda, sur les flancs du Djebel-bou-Quebech.

D'après M. Pomel, cette montagne est presque entièrement constituée par le Suessonien inférieur. Il y existe, au-dessous des calcaires, un horizon marno-gréseux, très glauconieux, riche en phosphates, en dents et en vertèbres. Son épaisseur varie de 4 à 5 *m*, mais malheureusement le titre du minerai est peu élevé, comme au Degma.

M. Tissot, dit M. Pomel, avait, dans la carte qu'il a publiée, fait une erreur, en prenant ces marnes suessonnienes et ces grès à peignes strigiliformes, pour des formations miocènes qu'il étendait à toute la région du Bou-Quebech. Il y aurait lieu de rectifier et de remarquer que le terrain suessonien s'étend jusqu'à la smalah des spahis d'El-Guettar et au Bordj-Meharan, sauf à l'ouest du village de Zarouria.

En quittant les gisements de Souk-Ahras, peu intéressants, somme toute, au point de vue industriel, nous avons voulu prospecter un lambeau suessonien signalé par Tissot (1) comme contournant à l'ouest le massif des Oulad-Daan, sur lequel écrivait M. Pomel (2) la composition du suessonien inférieur était encore inconnue.

C'est en parcourant cette région que nous sommes arrivé sur les territoires des *Oulad-bou-Afia* et *Achech-Atatfa*, où se trouvent les gisements que nous croyons être les premiers à avoir la bonne fortune de signaler en Algérie. Quand on quitte Guelma par le sud, on remarque, en suivant la route de Sedrata, que l'altitude, à partir du village de Bled-Kafar, s'accroît rapidement.

On commence à retrouver l'étage suessonien à partir du kilomètre 21, et l'on aperçoit, au-dessous des calcaires nummuliti-

(1) Tissot, *Notice minérale sur le département de Constantine*, 1878.
(2) Pomel, *Description de la carte géologique d'Algérie*.

ques, un fort filon d'un calcaire très dur, brun, noirâtre, titrant 57 0/0 de phosphate. Après avoir dépassé la borne kilométrique n° 25, on relève sur le bord de la route, taillée dans le flanc de la montagne, les affleurements de plusieurs petits bancs qui se trouvent entre les marnes suessoniennes. Ces bancs, superposés, sont au nombre de trois avec une inclinaison de 40° environ, et on les retrouve plusieurs fois en suivant les lacets de la route, entre les kilomètres 25 et 27. Vers le kilomètre 27, les bancs prennent une certaine puissance; l'un d'eux a un peu plus de 1 *m*; il est du reste assez difficile de les suivre, car les calcaires du toit ne sont plus en place, et couvrent, par leurs éboulis, le flanc de la montagne.

Enfin, quittant la route au relais de poste qui se trouve au kilomètre 32, si l'on remonte la vallée formée par l'Oued-Flouha, on peut constater, après avoir dépassé le Bordj-Ahmed-ben-Amar, d'importants amas de phosphate, qui viennent jusqu'au lit même de l'Oued, qui à cet endroit porte le nom d'Oued-bon-Zender. Le minerai phosphaté est tendre, d'une couleur grise noirâtre.

Le principal amas, qui peut avoir à découvert une longueur de 200 *m*, sur une puissance de 30 *m*, se trouve au lieu dit Safia-es-Saïd, sur le revers nord du Djebel-Safia-es-Saïd, avant d'arriver au confluent de l'Oued-bou-Zender et de l'Oued-Krenka. Les affleurements de ce phosphate se continuent nombreux, en remontant la vallée on les retrouve au-dessous des calcaires nummulitiques sur les monts El-Guessa et Ben-Zender, et ils se prolongent jusqu'au Djebel-en-Neguib, haut sommet d'une altitude de 1150 *m* qui ferme la vallée et sur lequel l'Oued prend sa source.

L'absence de tous travaux de recherches rend pénible la détermination exacte de ce gisement; nous le considérons cependant comme très intéressant. Heureusement, dans la vallée de l'Oued-bou-Zender, les pentes sont très rapides, et les eaux de pluie ont souvent lavé les terrains de recouvrement ; les explorateurs qui seront amenés à visiter cette vallée seront certainement surpris, comme nous l'avons été, par son caractère sauvage et pittoresque.

Si l'on continue à remonter la route de Guelma à Sédrata, après avoir dépassé le kilomètre 32, on relèvera encore quelques affleurements de phosphate sur le revers est du Kef-Er-Riah, entre les marnes. Ces affleurements se poursuivent jusqu'au kilomètre 39, près du Bordj du cheick Brahim. Nous tenons à adresser ici tous nos remerciements à ce fidèle serviteur de la France, pour la cordiale hospitalité qu'il a bien voulu nous offrir.

Nous donnons *(Pl. 195, fig. 11)*, un plan de ce gisement des Achech-Atatfa.

La possibilité de disposer un transporteur aérien, du gisement jusqu'à la gare de Petit ou à celle du Nador, la proximité du port de Bône, 80 *km* par voie ferrée, nous font penser que ce gisement mériterait qu'on pût l'étudier sérieusement. Il est assez intéressant, au point de vue industriel, pour légitimer la dépense de travaux de recherches suivis ; l'état de la législation nous en a empêché malheureusement jusqu'à ce jour.

Dans la même région, plus au sud, et après avoir dépassé Sédrata (1), chef-lieu de la commune mixte de ce nom, nous avons été engagé à prospecter les mamelons qui se trouvent à l'ouest de la piste qui relie Sédrata à Aïne-Beïda, quand on a franchi l'Oued-Hammimin. On peut relever, sur les mamelons qui avoisinent *le Moulin Rochefort*, quelques affleurements de phosphate sans grande importance, le minerai ne titrant que de 20 à 25 0/0 de phosphate.

A l'ouest de ces mamelons se poursuivent les grandes crêtes de la chaîne *Chebka-M'ta-Sellaoua* qui dominent la plaine de la grande tribu des Haractas.

Nous avons abordé cette chaîne par la route d'Aïne-Beïda à l'Oued-Zénati, en poursuivant notre prospection sur le Kef-S'behi, un des principaux sommets de la chaîne qui, à la boussole, nous a paru atteindre 1 000 *m* d'altitude. Nos recherches sont restées sans résultat.

M. Blayac, plus heureux que nous, a relevé postérieurement un gisement à Oum-el-Abeir compris dans un étage formé d'énormes bancs gréso-calcaires et de marnes peu épaisses. Le phosphate, d'après M. Blayac, y serait pauvre, mêlé souvent à de grosses lentilles calcaires. Deux échantillons, remis par lui à M. Ad. Carnot, ont donné 26 et 28 0/0 de phosphate, suivant les analyses faites au laboratoire de l'École des Mines. M. Blayac annonce, du reste, qu'il doit poursuivre ses études sur cette chaîne dont la formation ne serait pas encore parfaitement déterminée. Nous avons eu l'occasion de visiter ces gisements en passant par Canrobert, nous en parlerons tout à l'heure.

A l'ouest du gisement des Oulad-bou-Afia, la carte géologique signale, entre le bourg de *l'Oued-Zenati* et Clausel, un îlot de terrain suessonien, dans la vallée du Cherf ; « les assises inférieures,

(1) Qu'il nous soit permis d'adresser nos remerciements à M. Robert, administrateur de la commune de Sédrata pour son aimable obligeance.

dit M. Pomel, consistent en marnes très gypseuses qui sont recouvertes par des calcaires marneux sensiblement teintés de glauconie, renfermant de petits bivalves et des huitres mal conservées ». Les recherches de phosphate pratiquées à l'Oued-Zénati, par les colons de la localité, n'ont pas, que nous sachions, donné jusqu'à ce jour de résultats appréciables.

Ce lambeau paraît se continuer sous l'atterrissement dans la vallée de l'Oued-Zénati, où une puissante série de marnes et de calcaires marneux sans fossiles affleure vers le Bordj-Méhéris et vers Aïne-Regada.

La Banque de la Compagnie algérienne, qui possède, entre Aïne-Regada et Aïne-Abid au nord de la voie du Bône-Guelma, un splendide domaine de près de 80 000 *ha*, a fait faire des recherches suivies sur ses propriétés. Ces travaux n'auraient révélé l'existence que de petits affleurements de phosphate en rognons isolés et de bas titre.

III. — Groupe d'Aïne-Beïda et d'El-Guerrah.

Nous avons désigné sous ce nom la zone phosphatée du centre de la province de Constantine, les divers îlots suessoniens qui la constituent se trouvant en partie groupés dans les cercles ou les environs d'Aïne-Beïda et El-Guerrah.

Les recherches y ont déjà donné des résultats appréciables. Cette zone phosphatée commence un peu à l'ouest d'Aïne-Regada, au sud du village d'Aïne-Abid, pour prendre une direction sud-ouest vers Sigus et Aïn-Fakroun, en suivant ensuite, vers le sud, le territoire des Douars El-Hezebri et Aïne-Diss. Elle se trouve donc à cheval sur les lignes ferrées du Bône-Guelma, et de l'embranchement de l'Est-Algérien allant des Ouled-Ramoun à Aïne-Beïda.

Le minerai ne serait plus alors tributaire du port de Bône, et c'est le beau port de Philippeville, œuvre d'un ancien Président de notre Société, M. Hersent, qui deviendra le port d'embarquement.

Les gisements d'*Aïne-Abid* sont situés à 7 *km* au sud du village et de la gare de ce nom, appartenant au réseau de Bône-Guelma. Ils se trouvent sur la commune mixte de Mlila et sur les terrains de douar des Oulad-Soltane et Oulad-Ameur-Serraouia, en suivant une direction nord-est, sud-ouest, pour se prolonger vers Sigus et Aïn-Fakroun.

L'inclinaison des bancs phosphatés est presque perpendiculaire, et ils se trouvent encaissés entre des couches de calcaire à silex, et de marnes surmontées de calcaires à *Nummulites*.

L'horizon des marnes noires fait complètement défaut. Nous avons reconnu quatre filons principaux, suivant une direction parallèle, à une distance de 7 *km* de la ligne de Bône-Guelma. On les relève surtout sur les lieux dits Bled-Hennchir-el-Bey, Bled-Boukradeh, Djebel-ben-Haddar, sur le versant sud du Djebel-Mouchar-ben-Abbès. La colline à laquelle sont adossés les gourbis de la Mechta-Daifallah laisse voir de nombreux affleurements d'un minerai peu dur, d'un phosphate de couleur gris noirâtre.

Le gisement d'Aïne-Abid titre, suivant les échantillons que nous avons relevés sur le terrain, de 50 à 65 0/0 de phosphate. En se desséchant, le minerai devient friable et grisâtre.

L'exploitation de ces couches nous semble devoir être facile, les bancs se trouvant presque à fleur de terre et l'extraction pouvant se faire en tranchées à ciel ouvert. Leur puissance varie de 0,50 *m* à 1 *m*.

La proximité de ce gisement de la voie ferrée présente de l'intérêt, si l'on tient compte de la facilité qu'on trouverait à écouler les minerais sur Philippeville, dont la gare d'Aïne-Abid n'est qu'à 139 *km* au lieu des 235 *km* de Tébessa à Bône.

Nous donnons (*Pl. 195, fig. 8*) une coupe du gisement d'Aïne-Abid et (*Pl. 195, fig. 9*), un plan du gisement.

Nous avons eu la bonne fortune d'être guidé sur le terrain par un ancien Agent des Ponts et Chaussées, M. Dauphy, qui, habitant le pays, a pratiqué quelques légers travaux de reconnaissance.

Nous n'avons pas rencontré d'affleurements de phosphate sur le territoire de la commune des *Ouled-Ramoun*, ou l'étage suessonien signalé par M. Pomel est cependant nettement caractérisé ; mais nos recherches ont obtenu un résultat plus fructueux en nous dirigeant vers le sud, et en suivant la direction suivie par l'embranchement ferré qui va des Ouled-Ramoun à Aïne-Beïda.

C'est par ces gisements que nous allons continuer notre description.

Le lambeau suessonien qui, en quittant les gisements d'Aïne-Abid prend, comme nous l'avons dit, une direction sud-ouest, traverse le douar des Ouled-Nasseur et aboutit à Sigus pour remonter ensuite aux Ouled-Ramoun, dont nous venons de parler, en décrivant une sorte de demi-cercle.

Tout près de la station de *Sigus*, à 12 *km* des Ouled-Ramoun,

on nous a fait voir, en face des ruines mêmes, de l'ancienne Sigus des Romains, un certain nombre de petits bancs de phosphate dont la puissance ne dépasse pas 0,60 *m*, et qui dosent de 25 à 45 0/0. Il ne paraît pas qu'ils puissent, dans ces conditions, être exploités autrement que pour la culture locale.

Les marnes noires de la base y sont peu épaisses, l'assise des calcaires tendres à silex qui y prend, au contraire, un développement important, se trouve entremêlée par des bancs de marnes et de phosphates dont nous venons de parler.

L'assise des calcaires durs du toit prend, à Sigus, une puissance d'environ 30 *m*. On retrouve la même formation sur les mamelons du douar de *Sila*, au sud-ouest de Sigus, sur le revers nord du Djebel-Fortasse.

L'éloignement de la gare rend encore, s'il est possible, ce petit lambeau moins intéressant que celui de Sigus.

A 9 *km* au sud de Sigus et à 21 *km* des Ouled-Ramoun, on rencontre seule, au milieu de la plaine, la station de *Taxas*. A 2 *km* de cette gare, le long de la route nationale de Constantine à Tébessa, se trouve un mamelon, formant un îlot suessonien isolé, indiqué du reste sur la carte géologique de MM. Pomel et Pouganne.

Les habitants du pays, nous y ont fait constater la présence de plusieurs petites couches de phosphate d'une puissance de 0,30 *m* environ; on peut les relever d'une façon continue sur presque toute la circonférence du mamelon, c'est-à-dire sur un pourtour de 6 à 7 *km*.

Ces couches de phosphate sont entremêlées de couches de marnes et de calcaires à silex ; les calcaires durs du toit font défaut.

Nous rencontrons, sur le revers nord du mamelon, une petite tranchée creusée par un colon, grâce à laquelle il nous est permis de constater que l'inclinaison des bancs est d'environ 35°.

Malheureusement en dehors de la faible puissance des couches, ces phosphates ne dosent, comme ceux de Sigus, pas plus de 30 à 40 0/0 de phosphate tribasique.

Plus au sud, au kilomètre 33 en venant des Ouled-Ramoun, la voie ferrée passe par la gare d'*Aïn-Fakroun*, distante du village de ce nom d'environ 3 *km*. Comme Sigus, ce village dépend aussi de la vaste commune mixte de Msila. C'est là que se trouve le gisement déjà connu dans le monde industriel des engrais. Il entoure le village, en s'étendant sur le flanc ouest de la chaîne de montagnes des Chebka-M'ta Sellaoua.

L'étage suessonien y est intercalé entre les calcaires à *Inocérames* du *Sénonien supérieur* et les formations gréso-calcaires appartenant à l'*Helvétien* qui constituent la crête principale de cette chaîne des Chehka.

Le gisement phosphaté y a été découvert par MM. Suillot, colons à Aïn-Fakroun, sur les terrains des douars Si-Ounisse et Aïne-Diss. Ce dernier douar appartenant à la commune mixte de Canrobert.

Nous l'avons parcouru en compagnie de ses inventeurs, depuis le Djebel-Chebka-si-Ounisse au nord-ouest, jusqu'au Djebel-Oumokrid. Les bancs de phosphate y ont une inclinaison d'environ 90°; ils sont au nombre de trois et se trouvent au-dessus des crêtes de montagnes, formées par les calcaires à Nummulites, et intercalés ainsi que des lits de silex, dans des calcaires en plaques tendres d'une puissance de 20 à 30 *m* qui reposent sur une couche de marne noire, de même épaisseur environ. La puissance des bancs de phosphate varie de 0,60 à 2 *m*, et les échantillons, suivant que l'affleurement est plus ou moins pur, donnent à l'analyse de 50 à 62 0/0 de phosphate tribasique.

On peut suivre les bancs de phosphate pour ainsi dire sans interruption, non seulement sur le Djebel-Chebka, mais encore après avoir traversé l'Oued-el-Kebt sur le Djebel-el-Kebt et la Djebama-si-Ounisse, les bancs venant se perdre après avoir traversé la route nationale de Constantine dans le communal Ras-el-Melak. A 500 *m* plus au sud, on relève encore une ligne phosphatée un peu plus importante, qui suit une direction à peu près parallèle ; elle part du communal du douar Aïne-Diss, sur la commune de Canrobert, traverse la route de Constantine, près de la source Aïne-Mataham, suit les crêtes rocheuses du Dra-el-Mansar, traverse la voie ferrée de l'Est-Algérien entre les kilomètres 38 et 39, c'est-à-dire entre les stations d'Aïn-Fakroun et d'Ourkis, et après avoir franchi le Coudiat-el-Mansar, elle aboutit au Djebel-Oumchkrid qui atteint une altitude de 1 208 *m*.

Les sieurs Suillot avaient pratiqué quelques fouilles, à la suite des concessions à bail que leur avaient faites les Djemas des douars Si-Ounisse et Aïr-Diss, et des traités passés par eux, avec les communes mixtes d'Aïne-Mlila et Canrobert Mais les événements de Tébessa n'ont pas permis à l'Administration supérieure de ratifier ces concessions.

Nous donnons *(Pl. 195, fig. 10)* un plan du gisement d'Aïn-Fakroun.

Le minerai phosphaté est certainement très abondant sur ces territoires, et étant données la proximité de la voie ferrée, la facilité relative de l'exploitation et du transport des minerais à Philippeville, nous pensons que ces gisements justifient la mise en œuvre de travaux de recherches sérieux.

Entre Aïn-Fakroun et Aïne-Beïda, nous n'avons pas rencontré de gîtes bien sérieux, seulement quelques affleurements sans importance de phosphate pauvre.

Avant d'arriver au village Canrobert sur la ferme d'Oum-el-Abeir, appartenant à M. Auvergne, qui est située sur le douar *Touzeline* et non loin sur le bord de la route nationale, une carrière de calcaires durs à phosphate, titrant de 25 à 32 0/0, est exploitée par l'Administration des Ponts et Chaussées pour l'empierrement de la route. Ces gîtes ont été, comme nous le disons haut, déjà signalés par M. Blayac.

Les environs mêmes d'Aïne-Beïda, qui appartiennent au crétacé supérieur, n'ont rien non plus de bien remarquable, si ce n'est le petit îlot suessonien de *Chedjera* que nous indiquons *Pl. 195, fig. 12.*

Cet îlot se trouve à 20 *km* d'Aïne-Beïda; on le traverse en partie, en suivant la route nationale d'Aïne-Beïda à Tébessa. Il se trouve à une altitude de 1 300 *m* environ.

Touchant presque à la route qu'il domine, on aperçoit le bordj du cheik Zinn, d'une vieille famille de l'aristocratie arabe. Tout autour, sur sa propriété et sur le revers nord du Djebel-Chedjera, on peut relever de nombreux amas de marnes phosphatées titrant de 40 à 50 0/0 de phosphate. L'exploitation en serait sans doute difficile à cause de nombreuses fractures; le terrain ne nous a pas semblé être bien en place.

Nous n'avons plus rien retrouvé après avoir dépassé la propriété du cheik, et ce petit gisement ne nous paraît pas pouvoir être exploité autrement que pour l'agriculture locale.

Poursuivant nos explorations plus au sud, nous avons été amené à prospecter, dans la direction de Krenchela, le contrefort de l'Aures, qui forme une chaîne de montagnes parallèles au plateau de Cheria, de l'autre côté de la vallée de l'Oued-Meskiana.

Cette petite chaîne, qui aboutit à la Meskiana, au nord, par le Djebel-bou-Terkma, comprend, outre cette montagne, les monts Tafrent, Chettaïa et Djalifa, jusqu'au caïdat des Beni-Oujana, au sud.

Seul, de toutes ces montagnes, le Djebel-Tafrent, d'une altitude

de 1 400 *m*, nous a laissé voir le Suessonien inférieur, sur le douar *Aïne-Touila*; nous pensons être le premier à signaler cet îlot, des plus intéressants.

Sur le Djebel-Tafrent, au lieu dit Halloufa et près du ruisseau du même nom (Chabet-Halloufa), au sud du mamelon, on relève un banc de phosphate, d'une puissance de 3 *m*, entre des couches de marnes compactes, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, ayant pour toit un petit étage de calcaires à *Nummulites*. Nous avons pu, par une petite galerie, nous rendre compte de la continuité du banc qui se poursuit horizontalement sous la montagne. Le phosphate est un calcaire dur, brun, noirâtre, qui blanchit en se desséchant et qui titre de 65 à 72 0/0 de phosphate.

Un vieil indigène, à qui nous avons montré des échantillons de phosphate provenant de Tébessa, nous a conduit plus au sud du douar, à un endroit dit *Aïne-el-Aoura*, et nous a fait relever, près de cette source, sur la face sud du mamelon, un certain nombre d'affleurements du phosphate riche qui, souvent, finissent par former, dans les champs d'orge, des cailloux roulants, détachés qu'ils sont du banc par les socs des charrues arabes. Nous signalons ce fait parce que nous avons été souvent surpris, en Algérie, par la sagacité des Arabes qui ont été bien souvent les véritables inventeurs des gisements qu'ils signalaient aux colons, et nous avons pensé que le nom de notre guide méritait d'être consigné : c'est le nommé Mohamed-ben-Abd-el-Haffir, de la mechta Enja-el-Hassane. Enfin, tout à fait au sud du douar Aïne-Touila, sur le mamelon dénommé *Koudiat-el-Guemah*, ou *El-Kamah*, à quelques kilomètres seulement de l'ancienne route d'Aïne-Beïda à Krenchela, on peut voir un dernier gisement important de phosphate, comprenant deux bancs de phosphate riche d'une puissance de 3 *m* chacun, s'étendant, suivant une couche horizontale sous le mamelon, entre des couches de marnes compactes et de calcaires à silex, le tout surmonté par des bancs de calcaires *nummulitiques*, d'une puissance de 30 *m* environ. Les gisements du douar Aïne-Touila nous paraissent donc avoir une réelle importance, tant par la quantité du minerai que par la qualité du phosphate. Nous voudrions, pour notre part, que la législation nous permît d'y entreprendre des travaux de recherches réguliers, et il est regrettable que l'éloignement de la voie ferrée doive, en attendant la construction du chemin de fer d'Aïne-Beïda-Krenchela, voté par le Conseil général, en retarder pour quelques années encore la mise en exploitation.

Qu'il nous soit permis, avant de quitter le douar Aïne-Touila, de remercier le cheik Naïm-Larbi qui nous a offert, dans son bordj de Dala, durant tout le temps de nos recherches, une hospitalité des plus cordiales.

Pour terminer, maintenant, l'étude du troisième groupe de phosphate, nous devons revenir vers le nord, à El-Guerrah, point de bifurcation des lignes ferrées d'Alger et de Biskra, à quelques kilomètres à l'ouest des Ouled-Ramoun, dont nous avons parlé tout à l'heure.

Depuis les Ouled-Ramoun, à l'ouest, jusqu'au voisinage des villages d'Oued-Séguin, à l'est, et de Guettar-el-Aïch, au nord, on peut relever le terrain suessonien, soit sur le territoire de colonisation d'*El-Guerrah*, soit sur la tribu des Oulad-Aziz, en suivant la ligne des mamelons, qui s'élèvent à une altitude de 800 à 850 *m*, et suivent parallèlement, au nord, la voie ferrée d'Alger à Constantine.

On sait que, par suite du décret du 12 octobre 1895, relatif à l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie, et qui, en attendant le vote de la loi déposée par le Gouvernement sur le bureau de la Chambre, est le seul encore en vigueur, les terrains de droit français sont les seuls sur lesquels on puisse traiter directement avec les propriétaires du sol, pour l'exploitation des gisements phosphatés ; ces propriétaires bénéficient encore des dispostions analogues dont jouit la propriété en France, aux termes de notre loi des Mines de 1810. On sait également qu'aux termes du décret d'octobre 1895, l'administration coloniale s'est réservé le droit exclusif de concéder les gisements ou même d'autoriser des recherches sur tous les territoires d'autres natures en Algérie, soit domaniaux ou communaux, soit indigènes, à titre collectif (Arch) ou à titre privé (Melck). Le territoire d'El-Guerrah, composé de lots de fermes, au titre de propriété dit de droit français, était donc très intéressant, et notre espérance était grande, quand nous y avons rencontré les premiers échantillons de phosphate, non loin de la gare d'El-Guerrah, d'où le transport sur Philippeville eût été d'un prix peu élevé.

Nous avons été malheureusement vite déçu, les phosphates d'El-Guerrah sont pauvres, et ne titrent pas au-dessus de 35 à 45 0/0 de phosphate tribasique. Les gisements que nous avons ainsi étudiés n'ont donc qu'un caractère purement scientifique et ne peuvent guère être utilisés que par l'agriculture locale, qui nous a semblé ne pas être prospère à El-Guerrah, les colons pri-

mitifs ayant presque tous revendu leurs terres à des Arabes qui se trouvent être devenus propriétaires au titre français, et dont le plus important est le caïd Ben-Gana, bien connu des touristes qui ont visité Biskra.

Sur ce territoire d'El-Guerrah, on peut constater la présence de bancs de calcaires et de marnes phosphatées tout d'abord sur le Djebel-Chaïma, d'une altitude de 974 *m*, au nord de la station, puis sur la propriété de Si-Youssef, près l'Aïne-Dalia, et sur celle du caïd Ben-Gana, non loin du Bordj-bel-Hamouchi. Puis, en suivant la route d'El-Guettar, où l'on relève une belle couche de marnes phosphatées, sur les propriétés des sieurs Beneq et Abdella-bou-Aoun. Près d'Aïne-Cheraa, sur les fermes Brion, Barri et Bastardji, et enfin, à l'ouest du territoire, sur les fermes Sainte-Marie et celle de M. Wolf, brasseur à Constantine.

Les calcaires nummulitiques affleurent les crêtes, en général, sous une faible puissance, en formant deux ou trois bancs rocheux parallèles qui courent de l'est à l'ouest. Les bancs de phosphate, d'un calcaire tendre, y sont intercalés entre des bancs de marnes noires et de petits bancs de calcaires à silex. Sur les fermes Sainte-Marie et Wolf, on peut compter ainsi trois bancs superposés, avec une inclinaison de 90° et, quoique les couches n'aient guère plus de 0,50 *m* de puissance, on peut dire que le minerai est relativement abondant.

Nous donnons (*Pl. 195, fig. 13*) un plan du gisement d'El-Guerrah.

Plus au sud, on nous a signalé, sans que nous ayons pu le vérifier, un affleurement de phosphate pauvre, non loin du parcours du chemin de fer El-Guerrah-Biskra, qui se trouverait sur le *Djebel-Kassrou*, et l'on nous a affirmé qu'il existait des affleurements de phosphate, reposant directement sur le calcaire, à *Inocéranes*, à El-Kantara et aux Tamarins, entre les grès et les argiles miocènes, et enfin dans la région des chotts, au voisinage de Biskra. Remontant au nord, pour suivre la direction de la voie ferrée Constantine-Alger, on rencontre, à l'ouest d'El-Guerrah, entre Châteaudun-du-Rumel, Coulmiers et Saint-Donat, entre les lacunes des atterrissements, un îlot suessonien important, sur les terrains de douars *Aïoun-el-Hadjez* et *Ouled-bou-Aoufane*. Ses assises inférieures, en marnes noires très gypseuses, sont recouvertes de calcaires marneux teintés de glauconie, renfermant de petits bivalves et des huîtres mal conservées. L'horizon du silex y est absent, ainsi que le phosphate, le silex semblant définiti-

vement être la caractéristique du phosphate dans les gisements de phosphate sédimentaire en Algérie.

Plus à l'ouest, environ 20 *km* avant d'arriver à Sétif, au nord du village de *Saint-Arnaud*, il existe quelques affleurements sans importance, sur le douar de Bellaa, pas très éloignés du gisement de pyrites de fer de l'Oued-Deheb, dont la mise en exploitation sera sans doute de longtemps retardée, par suite du prix de transport élevé que ces minerais auraient à payer sur le réseau de l'Est-Algérien.

Au sud du village Saint-Arnaud, sur le douar Bazer, se trouve un mamelon isolé, auquel on donne, dans le pays, le nom de *Pain-de-Sucre*, qui, seul, isolé dans la plaine, la domine tout entière. L'ascension de ce pic escarpé est des plus difficiles ; nous avons pu, cependant, en visitant les cavernes creusées sur cette montagne à l'époque des Numides, relever quelques affleurements de phosphate pauvre. Saint-Arnaud est le chef-lieu de la commune mixte des Eulmas, qui s'étend vers le sud jusqu'au massif forestier du *Bou-Thaleb*. Cette montagne fait partie de la haute chaîne qui forme la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Méditerranée et le bassin saharien. M. Le Mesle, le savant géologue auquel on doit la découverte des phosphates de la Somme, y aurait découvert (1), dans l'étage du gault, ou Albien de d'Orbigny, une couche de phosphate discontinue, non loin de la maison forestière, et s'étendant jusqu'au lit de l'Oued-Feraire. Malgré nos recherches, nous n'avons pu la retrouver ; mais, toujours sur la commune des Eulmas, un peu au nord du massif du Bou-Thaleb, sur les douars *Beïda-Bordj* et *Tella*, nous avons retrouvé le Suessonien inférieur parfaitement caractérisé, et, sur une suite de collines peu élevées, des gisements importants de phosphate pauvre, particulièrement près de Taouzert, sur les mamelons au nord du Djebel-Freda. Ils se présentent dans des conditions analogues aux gîtes du Djebel-Tarfaï et du Djebel-Méthaoui, entre Gafsa et Feriana, et ils correspondent, sans doute, au même horizon géologique décrit, avec tant de soins, par M. l'Ingénieur D. Levat (2) ; ce sont les mêmes couches de marnes grises, remplies de silex à la base.

Ces collines se poursuivent en formant des îlots suessoniens isolés, qui affleurent, nous a-t-on affirmé, jusqu'au Djebel-Kassrou,

(1) Thomas, *Bulletin de la Société géologique*, tome XIX, p. 371.
(2) D. Levat, *Annales des Mines*, janvier 1893.

près Batna, et, particulièrement, comme le dit Peron (1), à Aïne-Tiferouïn. Nous n'avons pu contrôler ces dires, mais, s'ils se confirmaient, ils donneraient raison au géologue Coquand, qui a maintenu, pour Batna, la même distribution qu'à Tébessa.

IV. — Groupe de la région de Sétif et de Bord-bou-Arrerridj.

Pour terminer l'étude des gisements de phosphate du département de Constantine, il nous reste à étudier le groupe des gites de l'ouest, appartenant à la région de Sétif et de Bordj-bou-Arrerridj.

Actuellement encore, ce sont les gisements les moins connus, et cependant, selon nous, les plus intéressants ; ceux qui, par la force des choses, deviendront le vrai centre industriel minier de la province, tant par leur centre géographique et leur proximité de la mer par rapport à la région de Tébessa, que par suite de la richesse des gisements. Nous serons heureux si, à la suite des explorations que nous avons poursuivies dans ces régions, nous pouvons en faire connaître l'importance.

Les futures exploitations de ce quatrième groupe seront tributaires du port de Bougie, que, grâce à de nouveaux crédits, l'Administration est en train de transformer. Nous espérons, d'autre part, que la Compagnie de l'Est-Algérien comprendra que son véritable intérêt est de modifier ses barèmes de transport, et de suivre la voie que lui a indiquée déjà la Compagnie Bône-Guelma. En effet, d'après le tarif de Bône-Guelma, P. V, n° 42, le prix actuel, par tonne, est de 7,20 *f* de Tébessa à Bône (225 *km*), soit, comme base kilométrique, 0,029 *c* + 0,40 *f* de frais de gare, tandis que le tarif de l'Est-Algérien, P. V, n° 15, conduirait pour des distances comparables, à des prix de transport notablement supérieurs.

La Société des Phosphates de Tocqueville paie actuellement de Tixter à Bougie (189 *km*) 9,90 *f* par tonne et par wagon de 10 000 *kg*, soit une base kilométrique de 0,04. Du reste, l'Est-Algérien n'hésitera plus sans doute, le jour prochain où la construction de la ligne directe Sétif-Bougie, dont la construction a été votée par le Conseil général de Constantine, deviendra une réalité.

Auprès de Sétif, l'étage de silex prend une grande épaisseur,

(1) Peron, *Description géologique de l'Algérie*, G. Masson, 1883

il est formé de calcaires bien lités, sans intercalations argileuses par contre, les fossiles y sont au moins très rares. On peut remarquer que les marnes qui les supportent admettent quelques intercalations gréseuses. On estime, dans le voisinage même de Sétif, l'épaisseur totale de ce système à 100 *m* environ. Nous n'y avons pas reconnu, en général, de couches de phosphates. On se trouve là en présence d'un faciès légèrement différent et correspondant à une zone sublittorale déjà trop éloignée du rivage pour admettre des intercalations de couches à phosphate comme celle que l'on retrouve à quelques kilomètres à l'ouest.

Cependant, sur les indications de M. de Casembroot, Ingénieur à la Compagnie des Phosphates de Tocqueville, la Société Génevoise, dont les immenses propriétés entourent la ville de *Sétif*, a mis en exploitation de petits gisements de phosphate titrant de 48 à 50 et dont elle se sert pour amender ses cultures, donnant ainsi un exemple qui peut être fécond à l'agriculture locale.

Plus au nord de Sétif, dans la direction d'Aïne-Roua, à côté du village d'*Aïne-Abessa*, sur le revers du Djebel-Matrona, on retrouve un îlot suessonien peu important, qui est traversé par deux bancs superposés de calcaire phosphaté, dont le minerai titre de 50 à 60 0/0. Les bancs ont une puissance moyenne de 50 à 60 *cm*, mais l'éloignement de toute voie ferrée ne permet pas d'aborder l'étude des voies et moyens pour y établir une exploitation.

Les gisements réellement importants de cette région commencent seulement plus à l'ouest de Sétif, sur le territoire de douar, des Ouled-Mahalla, au sud de la station du Hammam, la deuxième station après Sétif, sur l'Est-Algérien, dans la direction d'Alger.

Le terrain suessonien, quoique bien caractérisé, s'y trouve quelquefois établi d'une façon moins nette qu'au Dyr, bien que d'une façon générale, l'abondance du minerai phosphaté ne le cède en rien, à l'est de la province. Au contraire, sauf quelques fractures, nous suivrons les bancs sur des parcours plus étendus encore que sur la frontière de la Tunisie et de l'Algérie.

L'horizon géologique de ces contrées diffère de la région de Tébessa par les caractères suivants : le Sénonien supérieur, qui forme le substratum, se trouve dans ces régions à peu près horizontal. Il a un facies différent de celui que nous avons déjà décrit. Le calcaire blanc à plaquettes, connu sous le nom

d'*Inocéranes*, fait place à des calcaires durs prenant souvent une grande puissance. Ces calcaires alternent avec des marnes schisteuses à leur partie inférieure, et sont dolomitiques à leur partie supérieure ; au Djebel-M'zita, par exemple, ils ont jusqu'à 300 *m* de puissance. Quantités de fossiles de diverses espèces abondent dans les marnes.

Comme dans l'est de la province, la formation sénonienne est surmontée par l'étage suessonien, dont la puissance varie de 50 à 150 *m*, avec, à la base en général, les marnes noires présentant le même facies jusqu'à Tébessa, quoique toujours moins épaisses, puis les calcaires marneux à silex et les bancs de phosphate.

La nature du phosphate est aussi devenue différente; le minerai est beaucoup plus dur, de couleur noire, quelquefois piqueté de coprolithes blanc, gris ou noirs. Les dents de squales y abondent. Ce minerai est en général, quand il dose 60 0/0 et au-dessus, d'une excellente qualité pour la fabrication des superphosphates; il ne contient que peu de fer et d'alumine, et s'attaque très bien par l'acide sulfurique en transformant la totalité de phosphate tribasique en phosphate monobasique, soluble à l'eau et sans laisser d'insoluble, produisant un superphosphate bien sec, susceptible, sans séchage, de passer aux semoirs mécaniques. Comme dans tous les gisements dont nous avons parlé, les bancs de silex et de calcaires marneux alternent avec les bancs de phosphate, couronnés toujours par des calcaires marneux, réduits souvent à une faible importance, enlevés qu'ils ont été par l'érosion ainsi que les calcaires du toit formés par les bancs de calcaires durs. Ces calcaires du toit n'acquièrent jamais du reste dans ces régions le développement qu'ils ont, par exemple au Dyr, au Djebel-Kouif ou au Galaa-es-Senam, où nous avons vu qu'ils ont parfois jusqu'à 120 *m* de puissance.

Il sont du reste moins durs et moins cristallins qu'à Tébessa, les *Nummulites* dans les calcaires y sont beaucoup plus rares, nous n'avons pu y retrouver le *Thersitea*.

Affleurements suessoniens de la mer de Bordj-bou-Arrerridj.

La région suessonienne dont nous abordons la description, et à laquelle nous donnons le nom de mer de *Bordj-bou-Arrerridj*, formait sans donte un vaste golfe dont les rivages semblent bien déterminés par les gisements que nous allons parcourir.

La côte Est se trouvait formée par les gisements relevés sur

les douars Ouled-Mahalla, Larba, Aïne-Ksar, Ouled-si-Ahmed et formant comme un cap les douars Mahalla et Larba se prolongent pour former vers l'ouest le gisement de Tocqueville, où l'on vient d'installer une exploitation qui sera importante, celle de la Compagnie Française des Phosphates de Tocqueville.

Au Sud, les rivages devaient se trouver depuis le Djebel-Soubella sur les terrains des douars des Ouled-Teleben, des Ouled-Hannech, des Ouled-Braham, et en continuant plus à l'ouest, le Djebel-Mzita, Bordj-Rédir, le Djebel-Maadid, le Kef-Matreck, le Djebel-Gourin, le défilé de Boudjmélia, le Djebel-Tarfa, forment les principaux témoins de cet horizon suessonien.

Au nord, on peut suivre la mer de Bordj en partant du Djebel-Bouzid, point extrême à l'ouest, en traversant le territoire des douars Ouled-Ali, Ouled-Trif et Mansoura, le territoire du village El-Achir, les environs de Bordj-bou-Arrerridj, ceux d'El-Anasser, Ras-el-Oued, Aïn-Tassera et Aïn-Tagrout, par où se rattachaient sans doute vers le nord, à la mer de Bordj, les lambeaux d'Aïn-Abessa et ceux disséminés au nord de Sétif. La côte ouest de cette mer suessonienne n'est pas encore déterminée d'une façon bien précise, la difficulté de se transporter dans ces pays d'un accès difficile en est une des causes, peut-être les couches suessoniennes sont celles cachées sous d'autres plus récentes ou enlevées par érosion ; nous nous proposons de tenter une nouvelle exploration dans ce sens, mais nous pensons, pour notre part, que la mer de Bordj était isolée du golfe suessonien voisin de Sidi-Aïssa et de Boghar qui forment les gisements du sud du département d'Alger, et dont les limites ne sont qu'à une quinzaine de kilomètres, et si un détroit les reliait l'un à l'autre, sa position exacte est encore inconnue et devait alors se trouver vers la région des Ouled-Trif.

La détermination rapide que nous venons de faire de la configuration de ce vaste district suessonien va nous en rendre l'étude détaillée plus nette et plus facile, et c'est par la côte Est que nous allons commencer cet examen sur les douars Mahalla, Aïne-Ksar et Ouled-si-Ahmed, ainsi que sur le territoire de colonisation de Tocqueville.

Le douar des *Ouled-Mahalla* est traversé dans toute sa longueur par une petite chaîne de crêtes rocheuses qui se prolongent ensuite, comme nous l'avons dit, sur le territoire de Tocqueville après avoir traversé également une partie du douar *Larba*. Par une lacune, qui s'explique par l'étendue du travail à effectuer,

l'étage suessonien n'y avait pas été signalé par les géologues de l'État, et le service des Mines du département ne croyait pas que le terrain à phosphate pût se prolonger si à l'est dans cette région.

Après avoir visité le gisement de Bordj-Rédir fin 1895, M. l'Ingénieur civil de Casembroot était arrivé le premier à Tocqueville, où nous nous rencontrions inopinément, lui venant de l'Ouest, moi de l'Est, des douars *Mahalla*, *Aïn-Ksar*, *Oulet-si-Ahmed*, où j'avais relevé la présence du phosphate jusqu'alors inconnue.

En écrivant à M. le Gouverneur général de l'Algérie pour lui signaler cette importante découverte et prendre date, nous croyions devoir insister sur l'importance des gisements du douar Mahalla et l'avenir qui leur serait sans doute réservé tant par l'abondance du minerai, sa richesse, sa pureté, que par la facilité d'extraction et la proximité des voies ferrées.

Il serait, en effet, facile d'établir une petite ligne d'exploitation qui n'excéderait pas 10 *km*, et relierait les gisements à la gare du Hammam. Sur cette chaîne du Mahalla, nous avons pu relever sur certains points jusqu'à huit bancs de phosphate superposés, dont plusieurs ont une puissance qui dépasse 2 à 3 *m*.

Ces bancs, qui alternent avec les couches de marnes et de calcaires à silex, ont, en général, une inclinaison au-dessus de 50° et se poursuivent en affleurant, pour ainsi dire sans interruption, sur toute la longueur du douar Mahalla, sur un parcours de 15 *km* environ.

Nous croyons être au-dessous de la vérité en estimant le tonnage du minerai que comportent ces gisements à au moins dix millions de tonnes de phosphate. Les échantillons que nous vons prélevés nous ont donné à l'analyse de 68 à 74 0/0 de phosphate, avec moins de 1/2 0/0 de fer et d'alumine.

Sur tous ces gisements, l'étage suessonien supérieur est en général peu développé, les calcaires durs du toit, réduits souvent à peu de puissance, ont quelquefois disparu par l'érosion, l'étage sénonien supérieur acquiert au contraire une certaine importance, mais il est masqué sur certains points par les dépôts quaternaires.

Le Suessonien inférieur, généralement en place se poursuit sans cassure ni fracture, et il est des plus faciles de relever les affleurements des bancs de phosphate superposés, en les suivant sur toute la longueur du douar pour ainsi dire sans interruption.

Les gisements du *douar Laiba* font suite vers l'ouest à ceux du

douar Mahalla, en aboutissant sur le territoire de Tocqueville au terrain Massa. Parallèlement à la ligne de gisement principal, on relève au nord, à une distance de 150 à 180 *m* environ, deux petites lignes de crêtes ayant une même direction, très minéralisées également en phosphate riche. Les gisements du douar Larba présentent les mêmes caractères géologiques que ceux du douar Mahalla, et l'exploitation du minerai y serait également des plus faciles, par suite du voisinage de la voie ferrée. Les expéditions devraient se faire alors par la gare de Tixter distante de 5 à 6 *km*. On ignorait à *Tocqueville* l'existence du phosphate quand l'Ingénieur, M. de Casembroot et l'auteur de ces lignes, quelques jours plus tard, nous sommes arrivés sur ce gisement par des directions différentes. Le gite de Tocqueville est formé par les rejets et glissements des gisements plus riches et plus importants qui couvrent les douars situés à l'est de son territoire.

De ce fait il comporte malheureusement, de nombreuses failles ou fractures, les affleurements se trouvant être quelquefois des poches isolées de minerai qui ne se suivent pas en profondeur. C'est en quelque sorte, la répétition des accidents que nous avions observés autrefois sur les gisements de Gafsa dont les minerais sont cependant moins purs et moins riches qu'à Tocqueville.

Heureusement pour la Compagnie des Phosphates de Tocqueville, on a pu mettre en œuvre des amas puissants d'un minerai qui, quoique moins pur et moins riche que sur le douar des Ouled-Mahalla atteint, pour les parties que nous considérons comme exploitables, de 60 à 70 0/0 avec 1 0/0 environ de fer et alumine.

Si l'on examine le plan du gisement de Tocqueville (*Pl. 196, fig. 14*), on peut voir que le gite se concentre sur le nord-est du territoire de colonisation de Tocqueville, au nord de la rivière du Raz-el-Oued. Les bancs qui suivent en général les lignes de crêtes sont surmontés de calcaires durs formant un toit de faible puissance ; ils se présentent sur quatre lignes principales.

La ligne sud, la plus riche, est la continuation du gisement qui traverse le douar Aïne-Ksar dont nous parlerons tout à l'heure, et forme avec la ligne du gisement qui traverse ce douar un arc de cercle. Ce grand banc passe sur les fermes Michaux n° 241 du plan de colonisation, Durand Amagat n° 282 et Brochery n° 283, sur lesquels la Compagnie Française d'Exploitation des Phosphates de Tocqueville a ouvert avec succès des travaux intéressants dont nous donnons des coupes (*Pl. 196, fig. 16, 17, 18, 19*).

Après le terrain Brochery qui renferme un bel amas de phosphate, on rencontre une fracture sur les fermes Pélissier et Polet, la couche de phosphate n'apparaissant à nouveau que sur les lots 266, 265 et 264 jusqu'à la route de Tocqueville à Tixter.

Quand on a dépassé la route, quoique le terrain appartienne encore à l'étage suessonien, la minéralisation s'arrête comme par enchantement, et c'est à peine si l'on rencontre quelques galets isolés de phosphate sur la ferme de M. Roméas n° 263 et celle de M. Tétard, un Parisien qui est allé créer à Tocqueville une belle exploitation agricole. Le phosphate titre en général sur cette ligne de 60 à 69 0/0 de phosphate, et une galerie en descenderie pratiquée sur le n° 226, ferme Exigat, donne déjà un banc de plus de 30 *m* de hauteur sur une puissance de 1,50 *m*.

La deuxième ligne de minerai qui est moins importante, passe sur les fermes Bonet et V^e^ Justine, elle se réunit sur le lot 278, Massa à la ligne qui vient du douar des Ouled-Mahalla.

Le minerai est assez abondant sur les lots n^os^ 280, 279, 278, 276 où il forme des bancs suivis, d'une puissance de 1,50 *m* environ d'un phosphate titrant de 55 à 65 0/0, mais nous n'avons pu, malgré d'importants travaux de recherches, le retrouver sur le lot 270, ferme Ménard, qui forme une fracture, et la ligne de crêtes qui sépare les lots 267 et 268 ne présente que quelques poches de phosphate riche qui ne se prolongent pas.

La troisième ligne, venant du douar Larba, nous semble moins exploitable ; assez riche et puissante sur le douar, elle se continue à l'ouest sur les lots 269 et 260 avec de nombreuses fractures, sur les deux bancs superposés de minerai qu'elle comporte. Le phosphate s'y trouve en outre, souvent mélangé de rognons de silex, ce qui exigerait à l'exploitation un triage des plus dispendieux. En sortant de la ferme de la V^e^ Savin lot, 269, la ligne de crêtes subit un rejet et se poursuit vers l'ouest sur les fermes portant les n^os^ 253 et 245. Le minerai y est beaucoup plus abondant on y compte jusqu'à cinq couches superposées, mais le phosphate ne titre plus que de 45 à 50 de PhO^5, 3CaO, ce qui le rend inexploitable. Il est alors souvent teinté de glauconie.

Enfin la quatrième ligne venant du douar Larba passe sur les lots 256 et 254 ; elle est riche en minerai et comporte jusqu'à six couches superposées, mais d'un phosphate pauvre, ne titrant que de 40 à 48 0/0.

En résumé, nous estimons que le gisement de Tocqueville ne comporte pas plus de trois millions de tonnes de minerai riche,

titrant de 55 à 70 0/0 de phosphate, le seul qui, dans les conditions actuelles du marché, puisse être exploitable, et étant donnée la nature du gisement, nous pensons que la Compagnie des Phosphates de Tocqueville y poursuivra une exploitation fructueuse.

Cette Société est en train du reste d'achever la construction d'une petite voie ferrée destinée à relier ses gisements à la gare de Tixter, avec un parcours d'une dizaine de kilomètres. Nous avons cru devoir donner à la description du gisement de Tocqueville ce développement, parce que dans les circonstances actuelles, cette découverte a une réelle importance.

On sait que le village de Tocqueville a été fondé par M. Cambon, Gouverneur général, qui a utilisé, pour créer ce centre de colonisation, 10 000 *ha* de terre confisqués aux indigènes qui ont pris part à la révolte de 1871.

C'était un territoire appartenant à des alliés des Mokrani. Les terres vendues aux enchères publiques à des colons français, sont donc des propriétés de droit français, les seules, comme nous l'avons déjà dit, où les exploitants de phosphate puissent, aux termes du décret du 12 octobre 1895, entreprendre une exploitation, les autres gisements en terrains indigènes ou communaux se trouvant mis en dehors de l'activité industrielle, par une sorte de mise sous séquestre, en attendant le vote de la nouvelle loi qui a été déposée sur le bureau de la Chambre depuis le commencement de 1896.

La Société des Phosphates de Tocqueville, qui exploite ces gisements, a traité avec les propriétaires colons pour l'exploitation, à la redevance de leurs terrains phosphatés moyennant un prix variant de 0,50 à 1 *f* par tonne de phosphate exploitée.

Les bancs de phosphate se trouvent entre des lits de calcaires à silex, comme sur les douars Mahalla et Larba. On compte en général sur chaque ligne de gisement, cinq ou six couches de phosphate superposées, dont la plus forte peut avoir une puissance de 0,90 à 1,20 *m*, les autres bancs variant de 0,30 à 0,90 *m*.

La plus forte couche en puissance composée d'un calcaire de phosphate noir, atteint en général le titre le plus riche, variant de 65 à 70 0/0, les plus faibles couches exploitables titrant de 57 à 63 0/0 de phosphate.

La Compagnie des Phosphates de Tocqueville nous a communiqué deux bulletins d'analyse de bancs différents des gisements de Tocqueville : la première a été faite par M. H. Lasne, chimiste à Paris.

Acide phosphorique.	30,24 0/0
Correspondant à phosphate de chaux.	65,97 0/0
Alumine.	0,49
Oxyde de fer.	0,50

La deuxième analyse, provenant d'un banc moins riche, a été faite par le Dr Bernard Dyer de Londres.

Acide phosphorique.	28,68 soit 62,61 de phosphate tribasique
Chaux.	45,96
Alumine	0,57
Oxyde de fer.	0,55
Matières indéterminées . . .	14,53
— insolubles	9,75
	100,00

Acide carbonique, 5,64 équivalent à 12,82 de carbonate de chaux.

On remarquera la pureté de ces minerais, qui sont cependant des phosphates de titre moyen, et sont loin d'avoir été pris parmi ceux du titre le plus élevé. L'assise des calcaires durs du toit est en général peu développée, et les argiles à la base font généralement défaut. Le Sénonien supérieur prend par contre, en certains endroits, une réelle importance. Nous ajouterons pour terminer que, suivant nous, les dépôts suessoniens de Tocqueville ne sont pas des terrains en place, et nous estimons qu'il faut attribuer leur présence à des glissements provenant des chaines voisines ; témoin les nombreux renversements que nous y avons rencontrés.

Nous donnons *(Pl. 196, fig. 14)* un plan du gisement de Tocqueville, et *(Pl. 196, fig. 16 17, 18, 19)*, des coupes de quelques-uns des premiers travaux de mise en œuvre, entrepris par la Compagnie Française des Phosphates de Tocqueville.

Les gisements du douar *Aïne-Ksar* se trouvent au sud des crêtes du douar Mahalla et forment le prolongement est des bancs Michaux du territoire de Tocqueville, dont ils sont séparés seulement par un grand ravin, en formant avec eux un angle d'environ 120°. On peut suivre les affleurements de phosphates en venant du gisement Michaux sur une longueur de 10 *km* environ. Nous avons relevé cinq bancs superposés entre les calcaires à silex, ayant une puissance variant entre 0,50 et 2,10 *m* et des

échantillons que nous avons pris aux affleurements, nous ont donné à l'analyse de 58 à 70 0/0 de phosphate. Les filons se trouvent recouverts par des alluvions quaternaires et disparaissent sur un trajet de près de 2 *km*, avant d'arriver à la montagne de la forêt, dite Djebel-Theursan, les couches se poursuivent alors dans les mêmes conditions jusqu'aux mamelons qui surmontent l'Oued-Guergouf.

On remarque, vers le milieu de ce chaînon d'Aïne-Ksar, deux mamelons importants formés de silex et de pierres à phosphate, qui forment, en ces endroits, de véritables amas de minerais d'un tonnage considérable.

Parallèlement à la chaîne du Djebel-Theursan, on relève plus au sud, après avoir dépassé le marabout de Si-Ahmed-Slimame, l'étage suessonien inférieur, avec des bancs de minerais peut-être encore plus abondants, qui traversent le douar *Si-Ahmed*. Les bancs de calcaires à Nummulites y prennent une plus grande importance, les bancs de phosphate sont bien horizontaux. En traversant ce douar, nous avons suivi, d'une façon encore à peu près continue, les affleurements sur le Djebel-Kendor et le Djebel-Selama jusqu'au Djebel-Nechar à l'ouest, sur le territoire des *Ouled-Hannech*. Le Djebel-Nechar semble être un point central à signaler tout spécialement, l'étage suessonien inférieur suivant de cette montagne trois directions différentes vers le sud-est, le nord-ouest et l'ouest. En suivant tout d'abord la direction sud-est, on traverse, sans quitter l'étage, les diverses ramifications du Djebel-Guellif d'une altitude de 1 740 *m*, qui se trouve sur le douar des *Ouleb-Tebben*, et on suivra ainsi jusqu'à l'Oued-Magia. De l'autre côté de cet Oued, commencent les premiers contreforts du Djebel-Soubella qui, lui, appartient déjà au massif *crétacé* du Bou-Thaleb. Les crêtes que forment ces montagnes des Ouled-Tebben, sont sillonnées d'abondantes couches de phosphate riche, intercalées entre les calcaires à silex; souvent elles constituent de véritables amas de minerais, et leur description détaillée nécessiterait, tout d'abord, des travaux de recherches dont nous avons sollicité l'autorisation de M. le Gouverneur général.

Revenant au Djebel-Nechar, le Suessonien inférieur prend encore, comme nous venons de le dire, deux directions.

C'est d'une part vers l'est, une longue bande de 70 *km* de long, ayant une direction est-ouest en passant au sud du groupe des Maadhid, du Djebel-Gourin, pour aboutir à l'est au Djebel-Tarfa. Cette bande a été décrite au point de vue de sa constitution

géologique, dans un long mémoire par M. Brossard (1) ; M. Blayac y avait dès 1895 relevé et signalé l'étage suessonien inférieur (2), et la disposition régulière de cette bande avait été d'autre part indiquée par MM. Pomel et Ponyanne (3) sur la carte géologique provisoire de l'Algérie.

Vers le nord-ouest enfin, l'étage suessonien traverse le Caïdat des Ouled-Ayade en parcourant les douars Ouled-Braham et Aïne-Titest, pour aboutir au Djebel-M'zita et à Bordj-Rédir. M. Blayac avait aussi donné en 1884 une description du M'zita et de Bordj-Rédir (4).

Comme on le verra en consultant *(Pl. 196, fig. 15)* la carte de la mer suessonienne de Bordj, la bande qui, du Djebel-Neckar court vers le sud-est jusqu'au Djebel-Soubella à travers les Ouled-Tebben termine le rivage est de la mer de Bordj : tandis que les deux autres bandes, qui ont une direction ouest et nord-ouest, forment le rivage sud sur lequel se trouve le golfe de Bordj-Rédir. Le phosphate est sur les *Ouled-Braham*, et sur le douar *Aïne-Titest* encore très abondant; ces gisements sont au sud du gisement de Tocqueville, comme on peut s'en rendre compte figure 15, et ils ont même laissé rouler jusque sur le territoire sud de Tocqueville, des blocs de phosphate isolés qui, lorsqu'on parcourt ce territoire, peuvent donner lieu à des erreurs. — Le phosphate, ainsi que sur le Djebel-M'zita, y avait été signalé par M. Grand, contrôleur des mines à Constantine.

Au point de vue géologique, on rencontre sur les douars des Ouled Braham et Titest une situation identique à celle des douars Mahalla et Aïne-Ksar. Le minerai cependant, au fur et à mesure que l'on se rapproche du M'zita, paraît en général y être moins riche, et les bancs les moins puissants ont une gangue siliceuse. Nous signalerons, les amas importants de phosphate riche qui, sur le douar Aïne-Titest, se trouvent au sud du village même de Tocqueville ; non loin de la source de Titest, les bancs affleurent sur le sol, et l'extraction offrirait peu de difficultés. Plusieurs couches se poursuivent sur une étendue de 4 à 5 *km*, avec une puissance variant de 1,50 *m* à 2,50 *m*, particulièrement près du Bordj de l'ancien cheik et de la propriété du garde champêtre indigène.

(1) Brossard, *Société géologique*, t. VIII, 1864.
(2) Blayac, *Annales des Mines*, t. VIII, 1895.
(3) Pomel, *Description de la carte géologique*, Alger, 1889.
(4) Blayac, *Annales des Mines*, t. VI, 1894.

Le Sénonien supérieur, qui forme toujours le substratum, s'étend par couches horizontales; il est bien plus développé que dans l'Est de la province, les calcaires blancs en plaquettes contenant des Inocéranes, ont fait place à des calcaires durs dolomitiques, alternant avec des marnes schisteuses. Le Senonien prend du reste, ainsi que le fait remarquer M. Blayac (1) un peu plus à l'ouest, au Djebel-M'zita, une épaisseur considérable qu'il évalue à 300 *m* de puissance.

Le parcours du douar Aïne-Titest est peu sûr, les Arabes y sont tout au moins très pillards. Nous conseillerons aux futurs explorateurs de ne pas s'y aventurer seuls, mais de se faire accompagner de plusieurs Européens bien armés.

Le massif du *Djebel-M'zita* fait suite à l'ouest aux montagnes de l'Aïne-Titest en formant le point culminant de la chaîne à une altitude qui varie de 1 100 à 1 500 mètres.

M. Blayac estime que l'épaisseur moyenne du Suessonien y atteint de 80 à 100 *m*, quand l'érosion n'y a pas produit de bouleversements.

La succession des couches de cette formation en partant de bas en haut est, suivant lui :

1° Marnes noires.	15 à 25 *m*.
2° Calcaires marneux blancs tendres, alternant avec lits de silex et trois bancs de phosphate, quelquefois 4, de 1 à 2 *m*.	40 *m*.
3° Bancs de calcaires marneux à rognons de silex.	20 à 30 *m*.
4° Calcaires durs du toit enlevés souvent par érosion	2 à 6 *m*.

On remarquera que les marnes noires, tout en n'atteignant pas l'importance qu'elles ont du côté de Tébessa, acquièrent déjà une certaine puissance, bien plus marquée qu'à Tocqueville et aux Ouled-Mahalla. Le phosphate y est également noir, pour devenir grisâtre au bout d'un certain temps au contact de l'air. Il est piqueté de petits coprolithes blancs et gris. Les dents et les vertèbres y sont fréquentes. Le banc le plus important qui a 2 *m* de puissance, dose d'une façon générale de 66 à 70 0/0 de phosphate, mais le minerai des autres bancs ne dépasse pas d'or-

(1) Blayac, *Annales des Mines*, t. VIII, 1894.

dinaire 50 à 55 0/0 de phosphate. Le M'zita étant le massif où le phosphate a été tout d'abord signalé dans la région, a été naturellement souvent visité; on nous affirme qu'on n'a pas adressé moins de seize demandes de concession pour ce massif au gouvernement général; il est vrai qu'elles ont souvent pour auteurs des habitants des villes voisines, qui parfois, ne savent pas au juste ce que peut être le *phosphate*, et pensent y trouver surtout une sorte de pierre philosophale.

Comme sur les douars Mahalla, Aïne-Ksar, ou à Tocqueville, les bancs de phosphate sont toujours séparés les uns des autres par des calcaires marneux à rognons de silex, réduits souvent, ainsi que les calcaires du toit, par l'érosion à une faible puissance. M. Ad. Carnot a publié deux analyses complètes des phosphates du Djebel-M'zita, sur des échantillons qui lui ont été remis par M. l'Ingénieur Jacob; il a choisi deux représentants de types différents, l'un riche, l'autre pauvre et magnésien.

Analyses des phosphates du Djebel-M'zita, par M. Ad. Carnot.

	I	II	Correspondant à :	I	II
	—	—		—	—
P^2O^5	35,60	10,24			
CO^2	2,50	30,06	$Ca^3P^2O^8$	76,63	22,33
SO^3	traces	traces	$CaFl^2$	6,26	2,05
Fl	3,05	0,99	$CaCl^2$	0,20	traces
Cl	0,12	traces	$CaSO^4$	traces	traces
CaO	48,91	38,77	$CaCO^3$	5,15	45,07
MgO	0,22	9,30	$MgCO^3$	0,45	19,53
Fe^2O^3	1,37	1,32	Fl^2O^3	1,37	1,32
Quartz-argile	7,20	6,68	Quartz, argile	7,20	6,68
Perte au feu.	2,73	2,90	Eau, matières organiq.	2,75	2,90
	101,20	100,26		99,99	99,90

En parcourant ces montagnes, nous n'y avons pas trouvé de *Nummulites* ni de Thersitea. M. Blayac écrit que ses recherches de ce côté n'ont également pas abouti.

Le lambeau suessonien de *Bordj-Rédir* est des plus restreints, il présente, au point de vue géologique, de grandes analogies avec celui de Tocqueville et d'Aïne-Kissa. Comme eux, il est descendu par glissements de failles des chaînes qui le dominent, et il se trouve au pied du M'zita qui le surplombe d'environ 400 *m*. Le

territoire de Bordj-Rédir est aussi un territoire de colonisation, dont les propriétés sont de droit français. Deux Compagnies en ont profité pour y traiter directement avec les colons et y entreprendre des travaux déjà très importants ; elles ont dû malheureusement les abandonner, sans doute à cause de l'éloignement de Bordj-Rédir de la voie ferrée et du titre du phosphate qui dépasse rarement 60 0/0 et dont la moyenne n'excède pas 55 0/0.

Par suite des fractures, les bancs y sont plus nombreux que sur le M'zita, mais naturellement moins réguliers.

Les deux Compagnies d'exploitation y ont percé sur le mamelon qui fait face à l'Oued-Rédir, au nord du village, une douzaine de galeries d'une trentaine de mètres de longueur chacune, où l'on peut relever un certain nombre de bancs phosphatés ayant en général une puissance de 0,60 à 1 *m.* Un banc atteint même une épaisseur de 2 *m* à 2,50 *m.* Comme au M'zita, le substratum est le sénonien supérieur. Nous estimons que le gisement de Bordj-Rédir contient environ de 300 à 400,000 *t* de minerais ; mais pour l'exploiter, il faudrait le relier, par une voie ferrée d'une vingtaine de kilomètres de longueur à la station d'El-Anasser, ce qui représenterait une dépense bien élevée à amortir pour l'exploitation de ce gisement, étant donnés surtout les cours pratiqués actuellement pour la vente des phosphates dosant moins de 60 0/0.

On devra donc attendre la mise en exploitation du M'zita, époque à laquelle nous croyons que les phosphates titrant moins de 60 auront subi une dépréciation telle, que ces minerais ne seront plus économiquement exploitables pour être expédiés en Europe ; ils pourront, il est vrai, trouver leur emploi en Algérie. M. Ad. Carnot donne deux analyses complètes des phosphates de Bordj-Rédir qu'il trouve généralement assez durs et siliceux :

	I	II		I	II
	—	—		—	—
P^2O^5	25,70	24,25	MgO	0,95	0,75
SO^3	2,37	3,10	$Al^2O^3F^2O^3$ . . .	3,25	9,75
CO^2	8,06	7,26	SiO^2	9,94	7,21
Fl	2,08	2,01	Perte au feu .	5,95	4,90
Cl	traces	traces			
CaO	72,71	42,00		101,01	101,23

Correspondant à :

	I	II		I	II
$Ca^3P^2O^8$. . . .	56,10	52,94	$MgCO^3$	2,05	1,57
$CaFl^2$.	4,17	4,12	$Al^2O^3Fe^2O^3$ . .	3,25	9,75
$CaSO^4$	4,03	5,27	SiO^2	9,94	7,21
$CaCO^3$	14,34	14,63	Eau, matières organiq.	5,95	4,90
				99,93	100,39

On peut facilement se rendre compte, à la lecture de ces analyses, qu'étant donnée la nature siliceuse de ces phosphates, leur forte proportion en fer et alumine, 3,25 et 9,75, l'abandon des exploitations s'imposait au moins actuellement, car ces minerais ne conviendraient que difficilement à la fabrication des superphosphates.

Cet exemple nous permet de signaler tout l'intérêt qu'auront les futurs exploitants, lors de la mise en exploitation des terrains indigènes ou domaniaux en Algérie, à apporter préalablement à la mise en œuvre, un soin tout particulier à l'examen de la nature des gisements qu'ils voudront exploiter. Nous devons dire que, si en général les roches phosphatées titrant de 63 à 70 0/0 contiennent peu de silice, de fer et d'alumine, il n'en est quelquefois plus de même, dès que le minerai n'atteint pas 60 0/0.

Nous avons alors souvent vu, en Algérie et en Tunisie, les proportions de silice, de fer et d'alumine s'augmenter rapidement, et si l'on veut nous permettre une digression à ce sujet dans la description des gisements, nous citerons, comme exemple, une analyse de M. Ad. Carnot (1) relative au gisement de Gafsa. Il a choisi pour l'analyse un minerai des plus riches du gisement, car il titre 31,73 d'acide phosphorique, et cependant la silice y dose déjà 2,25 0/0 et le fer et l'alumine 2,50, tandis qu'un autre échantillon analysé par le service des mines à Tunis et provenant du même gisement, du Djebel-Seldja (2), un peu moins riche en acide phosphorique, dose 28,35 et donne 6,90 de silice et 2,50 de fer et alumine.

Il serait déplorable pour l'industrie française en Algérie, de voir entreprendre ainsi à la légère des dépenses de mise en exploitation de gisements dont la qualité du minerai serait vite

(1) Ad. Carnot, *Annales des Mines*, t. X, 1896.
(2) D. Levat, *Annales des Mines*, janvier 1895.

dépréciée parmi les acheteurs, les fabricants de superphosphate. Les exploitants verraient alors avilir en peu de temps les cours de vente de leurs produits, et devraient renoncer, en présence des bas prix, à poursuivre l'exploitation de leurs gisements. Ce serait pour les capitalistes, une école qui pourrait les dégoûter pour longtemps de toute entreprise de phosphate, ce que, dans l'intérêt de nos colonies africaines, il faut chercher à éviter.

Mais revenons à la description des rives de la mer suessonienne de Bordj-bou-Arrerridj, au M'zita et à Bordj-Rédir dont nous donnons (*Pl. 196, fig. 20* et *21*) des coupes des gisements.

Pour terminer l'inspection de la rive sud, nous devons revenir au Djebel-Nechar, d'où nous poursuivrons l'examen de la longue bandé suessonienne de 70 *km* de long indiquée, comme nous l'avons dit sur la carte géologique de MM. Pomel et Pouyanne et déjà décrite par MM. Brossard et Blayac. On voit, en consultant la carte d'Algérie, que le haut plateau de Bordj se trouve séparé de l'immense plaine du Hodna, par un massif puissant, dont les sommets les plus importants sont les *Djebel-Mahdid* (1 848 *m*), *Gourin* et *Tarfa*, cette chaîne ayant une direction générale est-ouest.

La bande suessonienne dont nous parlons se trouve sur le revers sud de ces montagnes, parcourant une longueur d'environ 70 *km* sur une largeur qui ne dépasse pas 1 *km*. Partant des revers Sud du Djebel-Nechar, elle passe sur le flanc sud du Djebel-Timozer, au-dessus du marabout de Cherfa, sur le territoire des Ouled-Hannech. Le Suessonien passe ensuite au sud des Djebel-Sidi-Sah et Kourbah, traversant les douars Ouled-Si-Taïeb et Ouled-Guerfsa, au mont El-Djeffen, dans le caïdat des Madhid. On continue à suivre cet horizon, après avoir traversé près de leurs sources les Oueds Elma-el-Amar et El-Kesia.

M. Blayac l'a reconnu au-dessus du moulin du Hammam, sur la route de Bordj à Msila. Ces terrains se poursuivent sur le douar des Ouled-Si-Brahim-Khadfallah, sur les revers sud du Kef-Matreck-Menglouba, puis au-dessus du défilé Boudjmelin, au sud du Djebel-Gourin, ainsi qu'entre le défilé d'El-Alleg et le Bled-Tarmount, sur le territoire des Ouled-Mansour ou Mady, pour aboutir à l'ouest au Djebel-Zerga, un des contreforts sud du Djebel-Tarfa.

Cette bande est recouverte dans tout son parcours par des formations argilo-gypseuses, appartenant à l'âge oligocène, et sa formation géologique est constante dans toute son étendue.

L'étage suessonien inférieur y a une puissance d'environ 80 à 100 *m*, ayant toujours le Sénonien comme substratum. Les marnes

noires qui constituent la première assise du Suessonien, ont, comme nous l'avons déjà signalé en parcourant les Ouled-Mahalla ou Tocqueville, une faible importance qui ne dépasse pas 5 à 6 *m*, et les couches de phosphate qui se trouvent au-dessus, sont interstratifiées dans des calcaires tendres, à rognons de silex ; ceux-ci, peu abondants à la base, forment comme de véritables lits, au-dessus des couches de phosphate. Nous avons compté jusqu'à cinq bancs de phosphate de chaux superposés. Les deux bancs inférieurs, les plus riches, ayant une puissance de 1,50 *m* et 1,20 *m* se poursuivent sans interruption sur toute la longueur de la chaîne, soit sur 70 *km*.

Les couches supérieures de phosphate sont moins riches et siliceuses, le minerai en est similaire à celui de Bordj-Rédir ; leur puissance varie de 50 à 80 *cm*. Un échantillon provenant du gros banc inférieur, nous a donné 66,50 0/0 de phosphate tribasique, alors que les échantillons des bancs supérieurs ne titraient que de 45 à 52 0/0. Le minerai est toujours noir, tacheté de coprolithes gris ou blancs. On observera au-dessus des bancs de phosphate une couche de calcaire siliceux noir de 8 à 10 *m* de puissance, que l'on voit formant une crête déchiquetée d'aspect noirâtre sur tout le parcours de la bande, et qui sert de loin d'excellent point de repère.

Les calcaires du toit à Nummulites n'ont guère plus de 30 *m* d'épaisseur, quelques bancs sont pétris d'*ostrea multicostata*.

L'étude de cette si intéressante région, unique en Algérie, pourrions-nous dire, terminera notre description du rivage sud de la mer suessonienne de Bordj. Ce rivage forme, comme on peut s'en rendre compte, une réserve de minerai phosphaté considérable, assez importante même, pour justifier un raccordement de voie ferrée d'une trentaine de kilomètres qui joindrait l'Est Algérien à Bordj-bou-Arrerridj. Nous avons traversé ce long gisement sur bien des points, et nous sommes resté étonné, chaque fois, de la régularité des couches et de l'absence de fractures, sur un aussi long parcours, à cette différence près, que les lits de silex sont plus nombreux et plus compacts dans l'Est, vers le Djebel-Kourbah et le Djebel-Timozer, et qu'ils se réduisent vers le Boudjmelin et le Djebel-Zerga. Le Suessonien inférieur est, en outre, surmonté de grès durs siliceux en discordance avec lui, qui nous ont semblé appartenir à l'étage parisien. Nous donnons *(Pl. 196, fig. 22)*, une coupe de cette longue bande suessonienne que nous avons relevée au défilé de Boudjmelin.

Rivage nord de la mer suessonienne de Bordj-bou-Arrerridj. — La rive nord de la mer de Bordj est loin de former une suite aussi régulière que les rivages que nous venons de parcourir. Elle se compose plutôt d'une suite d'îlots suessoniens isolés sans grande importance réelle au point de vue de l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie. On rencontre un premier îlot à l'ouest, au Djebel-Bouzid, un peu au nord de la route d'Aumale, et au sud du marabout de Sidi-ben-Ayade, sur le territoire des Ouled Trif, qui, ainsi que celui des Ouled-Ali, avait été parcouru avant nous, par M. l'Ingénieur Jacob. On y relève un certain nombre de petits gîtes, d'un phosphate titrant de 50 à 57 0/0, sur deux îlots suessoniens, longeant toujours la route d'Aumale, l'un près du poste de télégraphie optique de Roumélia, l'autre à côté d'El-Anasseur-Soltane, à proximité de la gare de M'zita avant d'arriver aux Portes-de-Fer. On retrouve enfin un troisième îlot à l'ouest de Mansourah au-dessus de la station. Nous avons aperçu à Mansourah également quelques affleurements de phosphate, sur le versant nord de la vallée de l'Oued-Amarir, à la base de la haute montagne dite M'Sita qui la domine. On se trouve alors sur le territoire des Bibans; mais notre course de l'autre côté de l'Oued ayant été un peu hâtive, nous pensons qu'il y a lieu de poursuivre cette étude.

En suivant la ligne de l'Est-Algérien, dans la direction de Bordj et après avoir traversé le tunnel d'*El-Achir*, on retrouve sur les mamelons qui suivent la voie, entre le tunnel et le village, l'étage suessonien bien caractérisé. On aperçoit même le long de la ligne ferrée, sur les crêtes qui la dominent, quelques rognons de phosphate pauvre, disséminés au milieu des calcaires à silex. A Bordj-bou-Arrerridj, près de la gare, un propriétaire, en creusant un puits, a rencontré quelques petits bancs de phosphate qui se trouvent recouverts par les atterrissements.

L'étage suessonien prend une importance plus grande à l'Est de Bordj, au-dessus du village d'*El-Anasser*. Après avoir dépassé la ferme Saint-Aubin et avant d'arriver à Sidi-Embarck, la route de Bordj à Sétif traverse un îlot suessonien relativement important. On retrouve de ce côté le facies des environs de Sétif, les lits de silex prennent une certaine importance; nous n'y avons retrouvé en prospectant que quelques rognons insignifiants de phosphate.

Un peu plus à l'est, entre la station d'El-Anasser et la halte de Chenia, jusqu'au delà de la station d'Aïn-Tassera, se reliant

presque au gisement de Tocqueville, on retrouve une large bande suessonienne qui se poursuit sans interruption. Quelques bancs faibles de phosphate s'y trouvent intercalés, faisant place, au fur à mesure que l'on remonte vers le nord, à des marnes schisteuses phosphatées d'une forte puissance, très faibles en acide phosphotrique, et qui finissent par se transformer en marnes calcaires.

Ces amas prennent ainsi la place des bancs de phosphate, entre les alternances de calcaires marneux à lits de silex. Parmi les fossiles, on y remarque l'*Ostrea Multicostata*. M. Blayac a signalé (1) cette bande aux environs du village de *Bel-Imour*, où, passant après lui, nous l'avons visité sur les terrains de colonisation, entre Bel-Imour et la halte de Chenia, particulièrement sur la propriété du Dr Treille, sénateur de Constantine. Nous n'y avons pas trouvé de gisements phosphatés justifiant une exploitation sérieuse.

Le terrain suessonien à partir d'Aïne-Tassera, remonte au nord vers Aïne-Tagrout aux environs de la source Aïne-Melilla et du marabout Sidi-bou-Nab ; mais de ce côté, les bancs phosphatés ont complètement fait place aux marnes schisteuses dont nous avons parlé tout à l'heure.

Rivage ouest de la mer de Bordj-bou-Arrerridj.—Le rivage Ouest de la mer suessonienne de Bordj-bou-Arrerridj est comme nous l'avons déjà dit, mal connu et mal déterminé ; nous terminerons par lui la description des phosphates de la province de Constantine. Cette rive nous a semblé partir du Djebel-Tarfa, au sud, passer sur le territoire des Ouled-Khebscha au Condiat-Kabala, au Djebel-Bouira sur les Ouled-Abbes, pour aboutir au Bled-Djala et au Djebel-Kteuf, vers le douar Dréat, au sud de Mansoura. Nous nous proposons de revoir en détail toute cette région. Nous donnons *(Pl. 196, fig. 15)*, une carte des affleurements suessoniens et des gisements phosphatés de l'ancien golfe que nous avons dénommé mer de Bordj-bou-Arrerridj. Nous allons maintenant suivre par l'étude des phosphates de la province d'Alger.

Gisements de la province d'Alger

Les gisements de la province d'Alger sont loin d'égaler, comme importance, ceux de la province de Constantine, quoique l'étage

(1) Blayac, *Annales des mines*, t. VI, 1894.

suessonien inférieur y soit des plus développés. Rappelons que MM. Pomel (1), Ph. Thomas (2), Ficheur (3), Blayac (4), ont particulièrement étudié ces régions ; nous leur demandons la permission de les citer souvent dans notre description. D'une façon générale, ces gisements ne contiennent qu'un phosphate pauvre, dosant de 15 à 45 0/0 de phosphate tribasique, ils ne paraissent donc pas, vu leur faible teneur et l'éloignement des chemins de fer, pouvoir être utilisés autrement qne pour la culture locale.

Nous avons partagé ces gisements en deux groupes principaux: le groupe de l'est, dit groupe de Sidi-Aïssa, et celui de l'ouest ou groupe de Boghari, auquel nous rattachons le groupe du sud, sans importance, connu sous le nom de région de Birin.

V. — Groupe de Sidi-Aïssa

A 15 *km* à l'ouest du Djebel-Tarfa qui, comme nous l'avons vu, forme l'extrême limite ouest de la mer de Bordj, s'élève, à une altitude de 991 *m*, la chaîne du *Mahazzem-el-Kébir*, sur le douar des Ouled-Sidi-Ameur, chaîne qui se relie au *Djebel-Amris* (869 *m*) éloigné du caravansérail de Sidi Aïssa de 12 *km* environ. Tout ce massif est constitué par le Suessonien inférieur, et se trouve couronné par les grès et les marnes de l'étage supérieur. Nous reproduisons *(Pl. 196, fig. 23)* une coupe publiée par MM. Ficheur et Blayac de la succession de l'Eocène au Djebel-Amris. On verra que le Suessionen y est limité par deux failles. Les marnes et les argiles noires de la base, qui apparaissent sur une épaisseur d'environ 10 *m* au pied du Mahazzem-el-Kebir et sur la face sud-ouest du Djebel-Amris, sont glauconieuses. Comme nous l'avons vu précédemment, en décrivant le Suessonien inférieur, elles sont surmontées de lits de calcaires à silex, atteignant ici une épaisseur importante, évaluée de 70 à 80 *m* et dans lesquels sont interstratifiés, à la partie inférieure, de petits bancs d'un phosphate pauvre dosant de 20 à 30 0/0 de phosphate.

MM. Ficheur et Blayac font remarquer que sur les flancs du Djebel-Amris et du Mahazzem-el-Kébir, dans la vallée de l'Oued, Hammam qui les sépare, les calcaires tendres à silex font place à

(1) Pomel, *Description stratigraphique de l'Algérie*, 1889.

(2) P. Thomas, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, janvier 1888.

(3) Ficheur, *Annales des mines*, t. VIII, 1895. — Ficheur et Blayac, *Annales des mines*, t. VIII, 1895.

(4) Blayac, *Annales des mines*, t. VIII. 1895.

des calcaires durs d'une puissance de 30 à 40 *m*, contenant du phosphate sur toute leur épaisseur et dosant de 10 à 15 0/0. Ils y ont trouvé divers fossiles, entre autres les *Nummulites irregularis* et les *Nummulites planulata*.

Les calcaires durs du toit, d'une puissance d'environ 40 *m*, sont composés de calcaires blancs plus ou moins pétris de Nummulites et sont semblables à ceux de l'assise supérieure de Tébessa.

Enfin les grès du Suessonien supérieur qui couronnent le Mahazzem-el-Kebir et le Djebel-Amris, reposent en concordance de stratification sur les assises du Suessonien inférieur.

Partant du nord du Djebel-Amris, l'étage suessonien inférieur se poursuit en une large bande d'environ 1 *km* de large dans une direction est-ouest pour aboutir, après avoir traversé la grande route de Bou-Saâda, à 3 *km* au *sud de Sidi-Aissa*. Elle se trouve constituée par une série de mamelons, sur lesquels les couches présentent un certain nombre de fractures. Nous donnons *(Pl. 196, fig. 24)* une coupe d'après MM. Ficheur et Blayac de la succession des étages géologiques qu'ils ont étudiés sur ce terrain.

Ils les ont déterminés de la façon suivante :

a.	Argiles grises	»
b.	Argiles et lits glauconieux	7 à 8 *m*
AA.	Grès phosphatés à dents de squales .	1 *m*
BB.	Couche phosphatée grise.	2 *m*
C.	Marnes et calcaires	»
B.	Lits de silex	3 à 4 *m*
C.	Marnes à calcaires marneux	10 *m*
CCC.	Traces de marnes phosphatées . . .	»
B_1.	2e lit de silex	1 à 2 *m*
1.	Calcaires jaunâtres rognoneux . . .	»
2.	Calcaires gréseux à Nummulites et à dents de squales	»
3.	Calcaires blancs à bivalves et échinides	»
4.	Calcaires pétris de Nummulites . .	»

Les minerais phosphatés ne sont plus noirs maintenant, comme dans la région ouest de la province de Constantine ; ils sont toujours durs, grisâtres et n'ont, vu leur bas titre, qu'un intérêt scientifique, ne dosant que de 10 à 20 0/0 de phosphate. C'est la

(1) Ficheur et Blayac, *Annales des mines*, t. VIII, 1895.

couche centrale de 2 *m* de puissance, qui est la plus importante. On remarquera, et nous allons retrouver cette particularité dans une partie des gisements de la province d'Alger, que les bancs phosphatés ne sont plus intercalés entre des couches de calcaire à silex, mais que les silex sont placés au-dessus du phosphate.

Étant données les nombreuses dislocations que nous avons observées sur toutes ces collines, nous pensons qu'elles pourraient bien être le résultat de glissements et de renversements provenant des montagnes voisines et du Djebel-Amris.

Le caravansérail de Sidi-Aïssa, qui se trouve sur les rives de l'Oued ed Djenane, est placé au-dessus des assises inférieures du Suessonien inférieur, à l'étage des argiles à gypse. On rencontre la même nature de terrain, en remontant la vallée vers le nord, jusqu'aux contreforts sud du Djebel-Abdallah, où commencent les grès appartenant à l'Eocène supérieur.

A l'ouest de Sidi-Aïssa, le Djebel-Naga est constitué par les grès du Suessonien supérieur, et l'on ne retrouve l'assise du suessonien inférieur, qu'au nord-ouest de Sidi-Aïssa, et de la fontaine El-Grimidj. L'assise des calcaires à silex, et des calcaires blancs du Suessonien inférieur, se développe sur une grande étendue, suivant d'abord une direction nord-ouest jusqu'au Djebel-Taïcha.

Le facies en est analogue à celui des environs nord de Sétif, et comme près de Sétif, nous y avons constaté, après M. Ficheur, l'absence de toute couche de phosphate.

Le Suessonien inférieur prend, à partir du Djebel-Taïcha, une direction est-ouest (voir notre carte des gisements du département d'Alger, planche 196) en passant par le Teniet-ech-Cheikh, au sud du marabout de Sidi-Ali-bou-Nab, par le Djebel-Guetrana, les mamelons sud du Gaadet-bou-Souifa et le Djebel-Chaïba, à l'est duquel on retrouve les atterrissements du Sénonien supérieur.

De l'autre côté de la vallée de l'Oued-el-Kherg, déjà dans la région de Boghar, on retrouve des témoins de l'Assise suessonienne inférieure au Djebel-Zenekri, près du marché d'El-Had, au sommet duquel se trouvent quelques couches marneuses à *Nummulites planulata*, puis au Djebel-Merzueb, au Djebel-Chaaba au nord du Souk-el-Tleta, et enfin sur les contreforts sud du Djebel-Rethal, près du point géodésique, le long des rives de l'Oued-Sekbou et jusque non loin de l'Oued-el-Hackoun.

L'épaisseur de cet ensemble peut atteindre environ 175 *m*. De loin on voit bien les marnes blanches et crayeuses, et les cal-

caires à silex qui le constituent. M. Ficheur l'a parcouru en détail, sans y relever aucune couche à phosphate.

Pour terminer l'étude de la région de Sidi-Aïssa, nous dirons quelques mots du *Kef-Afoul* (1 136 *m* d'altitude) qui s'élève à l'ouest de la vallée de l'Oued-el-Ham, à environ 15 *km* de Sidi-Aïssa.

Cette montagne forme une crête culminante et isolée à peu près uniquement constituée de grès et de marnes appartenant au Suessonien supérieur.

Au sud du marabout de Sidi-Yahia, sur le flanc est du Kef-Afoul, on relève cependant trois ou quatre îlots de Suessonien inférieur qui contiennent une couche de phosphate gris à dents de squales, d'une puissance de 1 *m* à 1,50 *m*, dosant, d'après les analyses faites à Alger, au laboratoire des mines, 20 à 25 0/0 de phosphate. Ces couches se trouvent intercalées entre deux assises de marnes grises et blanches. Elles sont surmontées, comme dans les environs de Sidi-Aïssa, et pour les mêmes raisons sans doute, d'un banc de rognons de silex de 1 *m* d'épaisseur, le tout dominé par des calcaires blancs marneux et les grès du Suessonien supérieur. Ce gisement n'offre du reste aucune importance et n'a pas de continuité.

VI. — Groupe de la région de Boghari.

C'est celui de la province d'Alger qui offre encore le plus d'intérêt, bien relatif du reste, car, pas plus que dans la région de Sidi-Aïssa, ses phosphates ne sont exploitables.

La première bande du Suessonien inférieur que l'on rencontre en venant de l'est dans la région de Boghari, se trouve sur le flanc sud du *massif des M'fatha*, comprise entre le Djebel-Moul-Adam à l'est, jusqu'à l'Oued-Nouel à l'ouest, à environ 9 *km* au sud-est de Boghari. Cette zone est, au point de vue du phosphate, de bien minime importance ; le minerai n'y est pas exploitable, et cette contrée ne mérite autrement d'attirer notre attention, que par ses deux points extrêmes au *Djebel-Moul-Adam* et au voisinage de l'Oued-Nouel, sur les flancs du Djebel-Gueddoul, ramification sud du Djebel-Djaïfa.

Le Suessonien inférieur y constitue une ligne de crêtes saillantes très pittoresques. Son aspect rocheux rappelle le massif nummulitique des environs de Souk-Ahras. Le terrain suessonien y débute par une assise puissante de marnes et d'argiles imprégnées de sel et de cristaux de gypse d'une épaisseur varia-

ble. Cette assise est recouverte par un petit banc de phosphate, puis par des marnes blanches et des calcaires crayeux contenant des lits de silex noirâtre à l'intérieur, blanc extérieurement, considérés par les indigènes comme des ossements pétrifiés d'où le nom d'*Oum-el-Adam (mère des os et des germes)*. M. Fischeur a relevé sur le flanc du Moul-Adam, à 500 *m* environ de la source Aïne-Alemia, la succession des couches ci-après, les parties inférieures se trouvant en partie, du reste, masquées par les éboulis de silex.

Suessonien inférieur.	A. Assise inférieure.	» »
	a. Argiles brunes à cristaux de gypse.	» »
	b. Marnes blanches.	» »
	Ph. Phosphate avec glauconie.	0,40 à 0,50 *m*.
	B. Banc de silex.	5 à 6 *m*.
	C. Calcaires blancs, souvent rognoneux en bancs lités marneux avec fossiles, bivalves et gastropodes.	80 *m*.
	D. Calcaires rocheux et Nummulites	50 *m*.
Suessonien supérieur.	*m*. Argiles et marnes à Ostrea Bogharensis	»
	mg. Grès et poudingues avec intercalations marneuses . .	»

Nous donnons *(Pl. 196, fig. 25)* une coupe de cette succession que nous empruntons également au mémoire de M. Ficheur.

M. Pomel fait remarquer que cet ensemble de formations constitue un groupe très bien lié par la concordance de stratification. En général, les assises plongent vers le nord en s'appuyant sur les assises *crétacées cénomaniennes* ou *sénoniennes*. Elles s'étendent au contraire vers le sud pour aller se perdre sous le manteau quaternaire. On peut en déduire qu'on était du côté nord, au voisinage de la mer, dans laquelle les dépôts se sont constitués, et que son bassin s'étendait vers le sud, à une distance inconnue.

Comme on le voit par la coupe prise par M. Ficheur, la seule couche de phosphate est de faible épaisseur, les échantillons envoyés à Alger, au laboratoire des mines, ne titraient que 28 0/0 de phosphate. On remarquera que cette couche se trouve au-dessous du banc de silex ; masquée souvent par les éboulis,

on ne la voit qu'à certains intervalles. Le niveau à phosphate prend au contraire un plus grand intérêt quand, après avoir dépassé le Kifane-el-Hammam, on arrive vers l'ouest, d'abord aux flancs du *Djebel-Gueddoul*, puis au voisinage de l'Oued-Nouel.

Le Suessonien inférieur y est réduit à des couches marno-calcaires, recouvertes souvent par les éboulis du Suessonien supérieur dont la puissante assise de grès forme, plus au nord, le massif des M'fatha. M. Ficheur a relevé sur les pentes inférieures du Djebel-Gueddoul la succession suivante, ainsi que la coupe que nous reproduisons, d'après son travail (1) *(Pl. 196, fig. 26)*.

Suessonien inférieur.	A *a*. Argile à gypse	»
	A *b*. Argiles schisteuses	»
	Ph^1. Couches de phosphate avec gros nodules, vertèbres et dents de squales.	1 *m*.
	B. Bancs marno-calcaires feuilletés avec silex.	»
	Ph^2. Sables glauconieux phosphatés, très pauvres en phosphate	»
	C. Marnes et calcaires blancs et jaunes.	»
Suessonien supérieur.	*m*. Marnes et calcaires marneux à *Ostrea Bogharensis*	»
	g. Grès.	»

La couche inférieure de phosphate dont on peut suivre par intervalles les affleurements depuis le Moul-Adam, à travers le Kifane-el-Hammam, le Djebel-Gueddoul et jusqu'à l'Oued-Nouel, a relativement une certaine importance. On peut, depuis le Djebel-Gueddoul, relever sa puissance de 1 *m* sur un parcours de plusieurs kilomètres, le banc se poursuivant de l'est à l'ouest, sur une série de mamelons très ravinés. Ce banc, comme au Moul-Adam, est au-dessous de la couche à silex qui, intercalée dans des marnes calcaires, n'a plus elle-même qu'une faible épaisseur. Quantité de nodules, de coprolithes et de vertèbres de squales y abondent; certains d'entre eux, ont donnée à l'analyse à M. Ficheur jusqu'à 67,85 0/0 de phosphate. Ces dépôts enrichissent naturellement la teneur du banc de phosphate, dont un échantillon, au laboratoire des mines à Alger, a donné jusqu'à 45 0/0 de phosphate.

(1) Ficheur, *Annales des mines*, t. VIII, 1895.

La couche supérieure de phosphate est, au contraire, sans aucune importance ; le filon est de faible puissance et le minerai très glauconieux.

Cette description nous a amené enfin dans la région sud de Boghari, au *Condiat-mou-el-Ettin* et à *Aïne-Sba*, non loin de la route nationale d'Alger à Laghouat.

Le *Mou-el-Ettin* se compose d'un double mamelon qui s'élève à 3 *km* de la grande route entre l'Oued-Nouel et l'Oued-Mela, dominant la contrée environnante et les mamelons voisins.

Ces hauteurs sont constituées par l'assise supérieure du Suessonien inférieur couronnées de calcaires en bancs bien réglés.

M. Ficheur, au travail duquel nous avons encore recours, a relevé sur le flanc ouest, faisant face à la route, la coupe ci-après :

Nous reproduisons également *(Pl. 196, fig. 27)* le schéma du Mouel-Ettin publié par M. Ficheur :

1° Argiles à gypse recouvertes d'éboulis de silex et de calcaires blancs.	»
2° Banc de silex.	»
3° Marnes blanches et calcaires marneux.	10 *m* ;
Ph. sable phosphaté avec dents de squales . . .	1 *m* ;
3¹ Marnes blanches et calcaires blancs.	40 *m* ;
4° Calcaires en bancs réglés.	»
5° Calcaires et marnes	»
6° Calcaires.	»

Cette couche de phosphate, d'une épaisseur moyenne de 1 *m*, s'étend sur tout le pourtour de la montagne. Le phosphate en est pauvre, et dose de 15 à 20 0/0 ; le terrain cependant paraît bien en place, le banc de silex, on le remarquera, se trouve, cette fois, au-dessous du banc phosphaté. A 1 500 *m* à l'ouest du Mou-el-Ettin et à 150 *m* de la maison cantonnière d'*Aïne-Sba*, on retrouve un faible îlot du Suessonien inférieur complètement isolé.

Cet îlot, entouré par les grès et les argiles du Suessonien supérieur, est sans importance, au point de vue des gisements de phosphate.

On y a découvert à la base, dans les marnes blanches, seulement quelques nodules phosphatés avec dents de squales.

La série de mamelons que domine le Mou-el-Ettin, est recoupée entre le 6e et 7e kilomètre de Boghari par la route de Laghouat et par la rivière du Chélif. Après avoir dépassé la route, la

chaîne des monticules continue vers l'ouest, en formant la vallée de l'Oued-Moudjelil. Ils portent alors le nom de *Dra-el-Abiod*, dont la traduction arabe veut dire *crête blanche*.

Cette ligne de collines domine d'environ 100 *m* les terrains d'alluvion bordant la rive gauche du Chélif, et constitue le dernier gisement à l'ouest, que nous allons décrire ; c'est le point extrême de la longue bande que nous suivons depuis la frontière de Tunisie. Sur ces monticules, l'étage suessonien inférieur occupe, à partir de la grande route, une bande d'environ 4 *km* sur 1 500 *m* de large, en formant une sorte de grande ellipse représentant 6 à 8 *km*² de superficie.

Comme nous l'avons dit au début de ce travail, M. P. Thomas avait, dès 1893, et plus tard M. Le Mesle, étudié dans ces régions l'étage des phosphates de Boghari.

Ils ont été suivis en 1895 par M. Ficheur et M. Gentil, préparateur au Collège de France, qui ont déterminé d'une façon définitive les conditions de ces gisements,

Le Dra-el-Abiod est constitué d'une façon générale de la manière suivante :

A la base des argiles schisteuses, bancs d'une puissance de 30 à 40 *m*, surmontées de couches de silex noirs et de marnes blanches dans lesquelles sont intercalés quatre bancs de phosphate.

La couche inférieure, la plus puissante, a une épaisseur de 0,75 *m* à 1,50 *m* ; la 2e de 0,30 *m* à 0,50 *m* ; la 3e de 0,50 *m* à 1 *m* ; la 4e couche, qui est insignifiante et n'a que 0,05 *m* d'épaisseur, se trouve beaucoup plus haut, séparée du 3e niveau phosphaté, par 20 *m* environ d'alternance de calcaires blancs et de grès.

Les calcaires gréseux et les calcaires durs qui servent de toit à ce système, ont une importance d'environ 30 à 40 *m*. Nous donnons *(Pl. 196, fig. 29)* une coupe de cet ensemble.

Les trois bancs inférieurs de phosphate augmentent de puissance, au fur à mesure que l'on s'avance de l'est à l'ouest. Ils sont placés, cette fois, dans l'assise supérieure aux calcaires à silex, et s'étendent sur toute la superficie du terrain de cette petite chaîne qui appartient au Suessonien inférieur, soit sur 6 à 7 *km*², avec une ligne d'affleurement présentant un circuit de plus de 8 *km*.

Le banc inférieur est le plus régulier ; sa puissance ne descend jamais au-dessous de 0,75 *m* ; vers l'ouest, elle dépasse 1,50 *m*. Ce banc contient quantité de débris de fossiles et de vertèbres.

Les deux bancs supérieurs, qui n'ont que 0,50 *m* à l'est, du côté du Chélif, atteignent 1 *m* dans l'ouest. L'épaisseur totale des

couches phosphatées représente ainsi plus de 2 *m*. Ces phosphates dosent dans la couche inférieure 35 à 40 0/0 et dans les bancs supérieurs de 22 à 33 0/0 de PhO^5,3CaO.

M. Ficheur évalue le tonnage de ce gisement à 12 ou 14 millions de mètres cubes, et étant données la nature de ces phosphates et la proximité du Chélif, il est évident qu'on pourrait les enrichir par un lavage sur place, permettant de les utiliser dans les cultures de la colonie, le jour où le chemin de fer, qui s'arrête à Berrouaghia sera prolongé jusqu'à Boghar. Nous ne pensons pas, dans tous les cas, qu'ils soient jamais susceptibles d'être exportés; leur emploi sera donc toujours restreint.

En résumé, ce gisement du Dra-el-Abiod est certainement le plus intéressant de la province d'Alger. Au point de vue géologique, on remarquera que le Suessonien inférieur y atteint une importance peu commune, il y a jusqu'à 180 *m* de puissance environ, sur le revers nord de la crête Est.

M. Ficheur fait observer tout l'intérêt que présente la couche mince de phosphate de 0,05 *m*, qui se trouve à la partie supérieure juste au-dessous des calcaires durs et des grès qui forment le toit, son existence indiquant que les conditions qui ont présidé au dépôt de ces horizons à phosphate, ont dû se prolonger pendant une longue période correspondant à la sédimentation d'une assise de 60 à 70 *m* d'épaisseur.

VII. — Lambeau suessonien de Birin.

Nous ne dirons que peu de choses de la *région de Birin*, où le Djebel-Birin, haute montagne de 1 170 *m*, est entièrement constituée par le Suessonien inférieur. Nous avons hésité, pour notre part, à entreprendre cette longue course vers le sud, cette montagne se trouvant à 60 *km* de Boghari, quand nous avons su que M. Blayac, qui avait eu la persévérance de parcourir cette région éloignée, n'y avait pas rencontré l'horizon à phosphate. Nous lui emprunterons donc les quelques renseignements que nous donnons ci-après (1) :

« Le Djebel-Birin a un circuit de 40 à 50 *km* et se trouve entouré par des limons ou des sables rouges siliceux, formant de petites dunes.

» Ces dépôts quaternaires ou pliocènes reposent directement sur

(1) Blayac, *Annales des Mines*, tome VIII, 1895.

ceux du Suessonien, qui est constitué par une masse calcaire distribuée en gros bancs réguliers, dont l'épaisseur peut être évaluée au minimum à 400 ou 500 *m.* »

M. Blayac considère deux parties dans cette énorme masse. Dans la partie inférieure on constate la présence de gros rognons de silex et de Nummulites calcaires ou siliceuses assez abondantes, entre autres le *Thersitea ponderosa* rapporté par le géologue Pierredon. La partie supérieure ne présente presque plus de traces de silex, les nummulites y sont rares.

M. Blayac rattache les calcaires de Birin à cette zone supérieure de Tébessa, qui est considérée comme la fin du Suessonien inférieur. Nulle part en Algérie, elle n'a une épaisseur aussi considérable, car, comme nous l'avons vu, elle atteint à peine 150 *m* à Boghar et 120 à Tébessa.

Nous terminerons sur ce rapide exposé la description des gisements de phosphate de chaux sédimentaires, et de l'étage suessonien inférieur dans la province d'Alger. Nous donnons *(Pl. 196, fig. 29)* une carte de ces gisements et de l'assise du Suessonien inférieur, correspondant, comme on l'a vu, à l'étage des marnes, silex, calcaires, grès et phosphates, sans indiquer l'horizon inférieur des argiles gypseuses.

CHAPITRE III

Considérations sur les gisements de phosphate de chaux sédimentaires en Algérie.

On vient de voir, par la longueur de la description que nous terminons, combien les gites sédimentaires sont abondants en Algérie, et comme nous l'avons dit, le travail de découvertes, entravé par la législation actuelle, qui n'encourage pas l'initiative privée, est loin d'être terminé.

Notre travail serait incomplet, si nous ne le faisions suivre tout au moins d'un rapide aperçu qui permette d'envisager l'avenir commercial et industriel de ces gisements. Cette question est, comme on va le voir, des plus complexes.

Remarquons tout d'abord que parmi les nombreux gîtes dont nous avons parlé, un certain nombre seulement sont exploitables. Si l'on veut se reporter à la carte géologique des phosphates de chaux sédimentaires et de l'étage suessonien dans les départe-

ments d'Alger et de Constantine que nous donnons *(Pl. 196, fig. 30)*, on pourra en suivre une dernière récapitulation.

Les gîtes exploitables, géologiquement parlant, sont, selon nous : dans la province de Constantine :

1° Dans l'Est ou sur la frontière tunisienne :

Plateau de Chéria;
— du Kouif;
— du Dyr;
Massif du Galaa-es-Snam;
Territoire des Beni-Oudjana sur la route de Sédrata.

2° Dans le centre de la province :

Gisement d'Aïne-Abid;
— d'Aïn-Fakroun (douars Si-Ounisse et Aïne-Diss);
Douar Aïne-Touila;

3° Dans l'ouest de Sétif :

Douar Mahalla;
— Larba;
— Aïne-Kaar;
— Ouled-Si-Ahmed;
— Ouled-Braham;
— Aïne-Titest;
Massif du M'zita.

Territoires de Bordj-Rédir et de Tocqueville :

Douar Ouled-Si-Hannech;
— Ouled-Tebben;

Bande suessonienne du Djebel-Soubella au Djebel-Tarfa.
Dans la province d'Alger : *Néant.*

Quoiqu'il soit bien téméraire, dans l'état actuel des choses, de faire une évaluation même approximative, nous pensons que cet ensemble peut comporter de 150 à 200 millions de tonnes de phosphate titrant de 50 à 70 0/0.

Les autres gisements dont nous avons parlé, nous paraissent contenir un phosphate ou trop pauvre, ou en quantité insuffisante. Quant à présent, ils ne sont pas industriels.

Nous essaierons de prouver tout à l'heure qu'il serait commercialement téméraire d'entreprendre une exploitation sur des gise-

ments n'atteignant pas d'une façon générale le titre de 63 à 64 0/0. Aussi croyons-nous qu'avant de rien entreprendre, il y aurait lieu de faire des études sérieuses sur les gîtes suivants :

Territoire des Beni-Oudjana ;
Gisement d'Aïne-Abid ;
— d'Aïn-Fakroun,

où nous aurions des hésitations quant à la moyenne de la richesse du minerai.

On a vu que ce travail n'a été fait à Bordj-Rédir qu'en cours d'exploitation. C'est une expérience qu'il y aurait lieu de mettre à profit.

A première vue, les gros paquets de minerai se trouvent donc sur la frontière de Tunisie et dans la région ouest de Sétif.

En dehors de cette question du titre du phosphate, il y a lieu de faire une autre sélection en prenant pour base la question des prix de revient et du transport du prix du minerai. On peut considérer d'une part les gisements dont la mise en œuvre n'exigerait pas la construction de voies ferrées et embranchements dépassant 25 *km*, et ceux qui, plus éloignés des chemins de fer, exigeraient, pour leur mise en exploitation, une immobilisation de capitaux considérables.

Les gisements nécessitant des embranchements de plus de 25 *km* sont, comme on peut s'en rendre compte sur la carte :

Massif du Galaa-es-Snam, environ 80 *km* de la station de Clairfontaine ;

Douar d'Aïne-Touila, environ 35 à 40 *km* de la station d'Aïne-Beïda ;

Douar des Ouled-Tebben, environ 35 *km* de la station de Tixter (nombreux travaux d'art) ;

Douar des Ouled-Hannech, environ 30 *km* de la station d'El-Anasser, mais on pourrait faire une ligne commune avec la Compagnie qui exploitera le massif de M'zita ;

Bande suessonienne du Djebel-Tarfa au Djebel-Soubella, environ 30 à 32 *km* pour relier la gare de Bordj-bon-Arrerridj à la partie centrale du gisement du côté du Hammam.

Sous le bénéfice de ces observations, on voit que les gîtes de phosphate riche, nécessitant pour leur mise en œuvre des raccordements de voies ferrées inférieurs à 25 *km* sont encore considé-

rables, et nous ne pensons pas exagérer en disant que, le jour où ces gisements seraient en pleine exploitation, ils pourraient produire annuellement, tous ensemble, un tonnage de 12 à 1 500 000 *t*, chiffre qui correspond actuellement à peu près à la consommation de l'Europe tout entière en phosphate. Nous avons vu plus haut qu'une production basée sur ces chiffres assurerait aux exploitants algériens, une réserve de minerais pour de longues années.

On s'est demandé lors de la découverte des gisements algériens, si les Compagnies de chemins de fer seraient actuellement en état de transporter ce gros tonnage, nous ne le croyons pas : on sait que les voies ferrées construites en Algérie sont à une seule voie et disposent en général d'un matériel insuffisant, et tandis que le Bône-Guelma suffit difficilement, dès ce jour, aux transports encore restreints de Tébessa, nous nous rappelons qu'on a vu l'Est-Algérien laisser pourrir dans les gares de gros stocks de grains, et payer de ce chef de fortes indemnités aux expéditeurs, cette Compagnie s'étant trouvée, vu l'insuffisance de son matériel, dans l'impossibilité de suffire aux transports, une année de belles récoltes.

Or, on sait que les ports d'exportation seraient Bône, Bougie et Philippeville, qui sont tributaires de ces réseaux. Mais nous pensons que dans ce cas le service du Contrôle interviendrait, car l'État a consenti à ces Compagnies une garantie d'intérêt qui l'a amené à leur faire de grosses avances. Dans l'intérêt même du budget, l'Administration supérieure devrait faciliter et réglementer le transport des phosphates.

On remarquera également que l'exploitation des phosphates en Algérie ne pourra se faire en général, comme dans la Somme, par de petits exploitants. On l'a vu à Tébessa, on le voit actuellement à Tocqueville ; la mise en œuvre des gisements et la construction des embranchements, exigent le concours de capitaux très importants. Les gisements algériens seront donc forcément exploités, surtout par de grandes Compagnies, ce qui nous fait dire qu'il y a un intérêt général pour l'avenir de cette industrie et la prospérité de l'Algérie à ne voir se constituer que des affaires viables.

Les promoteurs seront forcés, pour constituer ces entreprises, d'avoir recours à la banque, et les capitaux français qui abordent, si timidement les affaires industrielles, bouderaient bien vite les gisements algériens s'ils éprouvaient des déceptions avec des affaires mal étudiées. Nous aurons l'occasion de signaler tout à

l'heure, l'intérêt que présente cette question ; pour le moment, nous poursuivrons notre étude en relevant les conditions dans lesquelles ces gisements pourraient être mis en exploitation, c'est-à-dire les prix de revient, et comment les exploitants pourraient écouler leurs produits, ce qui nous amènera à parler du marché des phosphates dans le monde, des cours de vente, des statistiques d'exportation et du marché spécial réservé aux phosphates algériens.

Prix de revient des phosphates algériens.

M. D. Levat donne les prix de revient suivants, par tonne de phosphate pour les exploitations de Tébessa déjà reliées au chemin de fer par un embranchement particulier (1) :

Abatage, boisage et roulage.	3,00		3,00 *f*
Triage et séchage	1,00		1,00
Transport au chemin de fer, suivant la distance.	0,50	à	1,50
Transport à Bône, y compris le transbordement à Souk-Ahras et le déchargement à quai . .	9,00		9,00
Mise à bord.	0,50		0,50
Fret pour les ports de la Méditerranée. . . .	6,00		
Frets pour les autres ports d'Europe.			9,00
Amortissement du matériel et frais généraux.	3,00		3,00
Frais de vente, escompte, etc., 6 0/0 du prix de vente	1,80	à	2,00
	24,80	à	29,00 *f*

Les Compagnies qui exploitent à Tébessa ayant dû ces derniers mois se mettre à broyer et à sécher leurs minerais, nous pensons qu'à l'heure actuelle ces prix doivent être majorés légèrement. Nous ne voyons pas non plus M. Levat parler de la redevance par tonne extraite, à payer par l'exploitant au propriétaire ou à la commune, non plus que du droit de sortie de 0,50 *f* par tonne fixé suivant le décret du 13 octobre 1895, paru postérieurement à la publication de M. Levat.

Nous avons d'autre part sous les yeux une note établie par

(1) D. Levat, *Annales des Mines*, janvier 1895.

M. de Casembroot, avant la mise en œuvre des phosphates de Tocqueville, simple évaluation, croyons-nous :

Droit de sortie	0,50*f*		
Redevance	0,50	à	0,75*f*
Exploitation	4,00		
Transport à Tixter et chargement	1,50		
Transport de Tixter à Bougie	9,96		
Chargement sur navire	1,30		
Fret moyen	8,00	à	10,00
Soit :	25,76	à	28,01*f*

On remarquera également que ce prix de revient ne comporte pas plusieurs éléments : les frais généraux, l'amortissement du matériel, les frais de vente etc. Par contre, le prix de 1,30*f* indiqué pour la mise sur navire à Bougie, sera de beaucoup diminué, le jour où l'aménagement de ce port sera terminé.

Pour notre part, guidé par notre vieille expérience dans cette industrie, nous pensons que le prix de revient doit être établi de la façon suivante :

Nous prendrons comme base une exploitation reliée à la voie ferrée par un embranchement particulier, d'une longueur moyenne de 20 *km*, nous admettrons que cette exploitation sera capable de produire dès la première année de la mise en œuvre de 20 à 30 000 *t* de minerais, et qu'elle sera susceptible, au bout de trois ans de mise en œuvre, de produire régulièrement chaque année de 60 à 70 000 *t* de phosphate, tout en ayant une réserve suffisante de minerais.

Nous croyons que pour mettre en valeur une affaire de cette importance, une Compagnie devra débourser pour la construction de l'embranchement des voies ferrées, pour le matériel de transport, le percement des galeries et boisage, l'établissement des machines à sécher, à broyer et autres, la construction des bureaux, habitations ouvrières, cantines, forge, poudrière, une somme d'au moins un million de francs dans laquelle nous comprendrons également les magasins de réception et de chargement au port d'embarquement, ainsi que, s'il y a lieu, la construction d'un petit wharf spécial. L'exemple des exploitations de Tébessa et de celle de Tocqueville est là pour prouver que notre estimation n'est pas exagérée.

Nous admettons enfin que la concession du gisement, résultat

d'une adjudication, a été obtenue à raison de 1 *f* par tonne de minerai extrait, ce qui serait un prix inférieur à celui que paient actuellement les exploitants de Tébessa.

De cet ensemble de conditions, qui seraient excellentes pour une exploitation, nous tirons les conclusions :

Droit de sortie (suivant décret du 12 octobre 1895)	0,50*f*		
Redevance par tonne	1,00		
Exploitation : Abatage, extraction et boisage	2,50		
Exploitation : Triage et roulage	0,50		
Séchage et broyage au port d'embarquement	2,50		
Transport en gare (0,04 *f*) par kilomètre	0,86		
Mise sur wagon de la Compagnie à l'aide d'une installation spéciale	0,20		
Transport au port d'embarquement (tarif Est-Algérien ou Bône-Guelma)	9,00	à	10,00*f*
Frais de magasinage au port	0,25		
Mise à bord (port de Bougie terminé)	0,50		
Fret moyen (tous ports d'Europe)	10,00		
Amortissement du matériel sur une production de 70 000 *t*	1,00		
Frais généraux	1,00		
Frais de vente et escompte	0,75		
	30,56	à	31,56*f*

Comme on le voit, ces chiffres sont sensiblement supérieurs aux chiffres donnés précédemment, en les lisant, on s'expliquera la différence.

On remarquera également que nous prenons l'exemple d'une exploitation marchant dans de bonnes conditions, c'est-à-dire disposant d'un minerai abondant, relativement facile à extraire, dont la concession a pu être obtenue à un prix peu élevé, pas trop éloigné de la voie ferrée, et faisant son broyage au port d'embarquement, afin d'éviter le transport du combustible, dont les tarifs de transport sont d'un prix inabordable sur les lignes algériennes.

Nous supposons enfin que la Compagnie exploitante possède au port d'embarquement un magasin relié à la voie ferrée, et que, sans de grosses manutentions elle pourra charger directe-

ment ses minerais à l'aide d'un treuil sur le navire. Comme on peut le supposer et on va le voir, le prix de revient occupe dans, l'industrie que nous étudions, une importance primordiale.

Exportation des phosphates d'Algérie.

Par suite du retrait des concessions de Tébessa et de l'incertitude où sont longtemps restés les exploitants, les Compagnies n'ont pu donner à leurs exploitations toute l'extension sur laquelle elles pensaient pouvoir compter avec leur outillage perfectionné.

Le tableau ci-après permettra cependant d'apprécier l'importance de ces gisements ; on remarquera la marche ascendante des expéditions.

État des expéditions du rayon de Tébessa par le port de Bône.

Mois	1893	1894	1895	1896	1897
Janvier . . .	50	815	4 600	15 900	13 552
Février . . .	158	939	6 400	14 400	11 190
Mars	109	1 920	6 800	9 300	16 818
Avril	211	1 830	9 670	16 350	»
Mai	803	3 250	12 390	13 420	»
Juin.	»	4 260	13 830	15 000	»
Juillet. . . .	760	7 020	14 550	15 607	»
Août	848	6 500	14 760	13 238	»
Septembre. .	160	6 900	12 750	9 049	»
Octobre . . .	912	6 900	12 000	9 486	»
Novembre . .	925	7 690	14 000	11 518	»
Décembre . .	»	5 200	15 100	14 089	»
Tonnes . .	6 162	53 232	136 591	157 957	»

Les phosphates arrivés à Bône en 1896 avaient comme producteurs :

Société Française.	23 594 *t*
— Crookston (le Dyr). .	49 032
— Jacobsen (le Kouif). .	85 511
	157 137 *t*

Enfin les phosphates expédiés par le port de Bône en 1896 se sont ainsi répartis :

Pays destinataires	Tonnes
Angleterre	53 800
France	36 616
Italie	20 462
Allemagne	17 300
Autriche	4 050
Japon	3 800
Pays-Bas	2 900
Russie	2 200
Belgique	1 500
Ports algériens	1 412
Espagne	250
Tunisie	20
	144 310

On voit par ces tableaux toute l'importance de la grande industrie qui ne demande qu'à se créer en Algérie. Il faut tenir compte naturellement des conditions défavorables où elle se trouve, et l'on verra qu'elle ne peut en être qu'à ses débuts. Actuellement, avec les premiers mois de 1897, une recrudescence d'activité se fait sentir à Tébessa, on pense atteindre cette année un tonnage de 160 à 170 000 *t* qui ne pourra guère être dépassé, car, comme nous l'avons déjà dit, la Compagnie Bône-Guelma ne peut transporter plus de 180 000 *t*. Pour augmenter son trafic, elle devrait tout d'abord modifier le gabarit de son embranchement Tébessa-Souk-Ahras, et c'est là un gros travail. La construction par l'Est-Algérien du réseau Aïne-Beida-Tébessa donnerait, si l'on veut y appliquer des prix de transport sérieux, le moyen pour les exploitants d'avoir de nouvelles voies d'écoulement, et fournirait du trafic au beau port de Philippeville, dont les bassins sont souvent déserts.

Enfin cette année l'exploitation de Tocqueville, qui a commencé ses expéditions, fournira un nouveau tonnage qui se développera certainement, le jour où la Compagnie de l'Est-Algérien entrera

dans une voie plus commerciale, et où les installations du port de Bougie seront terminées.

Nous allons voir maintenant les conditions économiques où se trouvent les exploitants de phosphate en Algérie. Dans ce but nous analyserons les conditions commerciales du marché des phosphates dans le monde.

Marché des phosphates dans le monde.

Traiter en quelques pages la question du marché des phosphates dans le monde, est une tâche des plus ardues, quand on voit combien cette question est complexe ; nous tâcherons cependant de la résumer ici brièvement.

L'industrie des phosphates a pris, depuis dix ans, une extension considérable, et l'on a vu, pendant la même période, des fluctuations extraordinaires se produire dans les prix de vente, quoique la consommation du phosphate ait doublé depuis dix ans. On sait que la puissante efficacité du phosphore se manifeste surtout en agriculture, sous la forme de superphosphate. Il existe en France environ 60 usines fabriquant ce produit, et de toutes parts en Europe des manufactures se sont créées en vue de cette fabrication qui, comme l'on sait, a pour matière première l'acide sulfurique d'une part et de l'autre le phosphate.

Suivant une circulaire anglaise des plus autorisées, publiée par *l'Anglo-Continental Guano Works*, on peut répartir comme il suit la production du superphosphate en 1895, en Europe seulement :

Allemagne.	800 000 *t*
France	750 000
Royaume-Uni	750 000
Belgique	300 000
Italie	150 000
États Scandinaves	35 000
Autriche	65 000
Hollande	30 000
Autres pays	30 000
Soit	2 910 000 *t*

Ce chiffre énorme indique quelle importance cette industrie a prise en quelques années, la quantité de phosphate nécessaire pour une telle fabrication pouvant être évaluée à 1 500 000 *t*. Les statistiques établissent qu'on a importé ou extrait en Europe, en 1895, environ 1 391 000 *t* de phosphate ainsi réparties :

Floride	425 500 *t*
Caroline.	125 385
France	375 000
Belgique	300 000
Algérie	136 000
Norvège, Canada, Aruba, etc. . .	30 000
	1 391 895 *t*

En 1895, pour suffire à la fabrication du superphosphate, il a donc fallu emprunter sur les anciens stocks.

On voit que les quatre grandes sources de phosphate dans le monde sont les États-Unis, comprenant les gisements de Floride, de Caroline, de Tennessée, ce dernier tout nouvellement mis en exploitation; la France, avec le bassin de la Somme, la Belgique avec les bassins de Mons et de Liège, la Tunisie et l'Algérie.

Personne n'ignore que nos gisements français de la Somme, qui ont pendant longtemps alimenté, avec les phosphates belges, le marché des engrais, sont, quoi qu'on en dise, fortement amoindris et en voie d'être bientôt épuisés. Les qualités de phosphate n'existent plus pour ainsi dire. Ce qui reste à extraire encore, doit subir des opérations diverses pour arriver à un enrichissement. En Belgique, les bassins de Mons et de Liège sont dans une situation encore plus avancée peut-être, étant donné en outre que les produits des environs de Liège sont d'un titre peu élevé, et ne peuvent circuler au loin. Les deux points qui sont appelés à dominer désormais, sont donc les gisements des États-Unis d'une part, et ceux d'Algérie et de Tunisie d'autre part. On se rendra facilement compte de nos observations en examinant les chiffres suivants, publiés par la Direction des douanes, relatifs aux exportations et importations de phosphates naturels en France.

Tableau des exportations et importations du phosphate en France.

Années	Importations	Exportations	Excédent des importations sur les exportations	Excédent des exportations sur les importations
—	—	—	—	—
	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
1889	6 915	150 953	»	144 048
1890	21 452	122 007	»	100 550
1891	17 644	91 821	»	74 177
1892	40 910	83 885	»	42 975
1893	87 022	100 034	»	13 012
1894	86 776	105 380	»	28 604
1895	139 642	81 219	58 423	»
1896	117 644	48 719	68 925	»

Au fur et à mesure de l'épuisement des gisements de la Somme, l'excédent de nos exportations sur nos importations diminue rapidement, et ce sont aujourd'hui les phosphates étrangers qui pénètrent comme matière première dans nos usines. Cet état de choses ne semble du reste pas avoir beaucoup changé le mouvement des produits fabriqués livrés à l'agriculture, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant, emprunté à la statistique générale des douanes.

Tableau des importations et exportations de superphosphates en France de 1890 à 1896.

Années	Importations	Exportations	Excédent des importations sur les exportations
—	—	—	—
	Tonnes	Tonnes	Tonnes
1890	99 440	27 327	72 119
1891	98 521	30 068	62 453
1892	97 723	43 307	54 416
1893	97 983	25 667	72 316
1894	103 108	31 410	71 698
1895	123 874	31 923	91 951
1896	124 115	43 951	81 164

Entre 1890 et 1896, l'excédent des importations sur les exportations a donc varié de 9 800 *t* (1) environ. Naturellement et surtout depuis 1893, c'est aux gisements de la Floride que non seulement les manufacturiers, mais principalement les industriels

(1) Les 9/10 de l'importation du superphosphate en France proviennent de la Belgique.

allemands et anglais ont demandé les phosphates haut titre que les gisements de la Somme ou de Belgique ne pouvaient plus que difficilement leur fournir.

Le tableau suivant des expéditions des phosphates de la Floride nous permettra de nous rendre un compte exact du développement dans l'extraction et dans les expéditions de ces redoutables concurrents de nos gîtes algériens.

Tableau des expéditions des phosphates de Floride :

Années	Fernandina	Port Tampa	Brunswick	Punta Gorda	Savannah	Totaux
1890	10 428	1 800	»	14 410	»	26 688
1891	51 300	22 442	2 380	54 849	»	130 971
1892	124 950	78 149	20 496	71 116	»	294 711
1893	126 800	104 407	35 560	88 467	28 675	383 909
1894	135 509	165 889	68 162	116 650	36 000	522 120
1895	152 846	168 443	28 882	67 517	81 474	499 162
1896	129 368	161 242	37 452	74 641	95 527	498 258
	731 201	702 392	192 932	437 560	241 676	2 355 761

Les expéditions, qui se sont élevées à 522 000 *t* en 1894, sont retombées, en 1896, au chiffre encore très respectable de 498 000 *t*. Cette situation provient de la débâcle qui s'est produite en Europe dans les cours de vente du phosphate, à la nouvelle de la découverte des gisements d'Algérie.

En 1895 et 1896, un certain nombre d'exploitants américains ont même suspendu leurs travaux, quand cette situation est venue se compliquer de la hausse du fret. Mais, par le détail mensuel des expéditions de phosphate de Floride, en 1896, que, vu sa longueur, nous donnons aux *Annexes*, à la fin de ce travail, on lira combien la Floride est encore un redoutable concurrent pour l'Algérie. Ce tableau montre qu'en 1896, les arrivages de Floride se sont faits couramment, non seulement dans nos ports de l'Océan, comme Bordeaux, La Palice, Nantes, mais que les ports de la Méditerranée, qui devraient être déjà les clients exclusifs des phosphates algériens, ont reçu, comme Gênes, Venise, Barcelone, Saint-Louis-du-Rhône, des arrivages très importants de minerais américains. Et, cependant, l'Algérie était bien en mesure de livrer cette clientèle en 1896.

Nous croyons devoir mettre cette situation bien en évidence,

car elle ne permettra pas, de bien longtemps, de remonter les cours du phosphate, et en relevant, tout à l'heure, les cours pratiqués actuellement, on verra qu'ils laissent un bien minime bénéfice aux exploitants.

Au risque de prolonger un peu ce chapitre, nous allons mettre en relief les motifs principaux qui permettront à la Floride de lutter encore longtemps avec les gisements algériens, sur le marché européen.

Ses gisements sont très abondants en minerais, ils sont presque l'équivalent de l'Algérie, mais leurs titres sont beaucoup plus élevés ; ils dosent pour le *Hard Rock*, couramment, de 75 à 85 0/0 de phosphate tribasique, alors que nous arrivons avec peine à obtenir, pour nos meilleures expéditions de phosphate algérien, le titre de 67 à 68 0/0. Personne n'ignore que les Américains sont des industriels pratiques. Sans avoir recours à l'État, par la seule puissance de l'initiative privée, qui, à vrai dire, n'est pas entravée, chez eux, par l'administration, ils ont créé un outillage des plus perfectionnés pour la mise en exploitation de leurs gisements. C'est ainsi qu'ils ont établi successivement, depuis 1890, les ports de Fernandina, Tampa, Punta-Gorda, Brunswick et Savannah. Ils les ont reliés à leurs gisements par de nombreuses lignes de chemins de fer, souvent en concurrence les unes avec les autres et qui, exploitées, non comme en France, administrativement, mais, avant tout, commercialement, transportent à bas prix le minerai. Dans leurs exploitations, ils ont fait tous leurs efforts pour abaisser le prix de revient, ils ont amélioré leurs procédés d'abatage et de broyage en généralisant l'emploi des machines et en utilisant le travail à l'excavateur (1).

A l'encontre de ce qui menace de se passer en Algérie, l'État américain encourage fortement l'extraction des phosphates aux États-Unis ; l'acte du 11 juin 1891 qui règle, en Floride, la législation de cette industrie, est très libéral. Cet exemple est suivi par l'État de Caroline, où les minerais, quoique de très bonne qualité, ne dosent que de 57 à 61 0/0 de phosphate. La production n'a pu, naturellement, y supporter aussi facilement la baisse des prix, mais, suivant le journal américain *The Oil Point Hand Druy Reporter*, M. Jones, l'inspecteur des phosphates de la Caroline du Sud, a déposé un rapport démontrant que le revenu de l'État de Caroline, provenant de l'extraction de minerais sur

(1) Voir, pour plus amples déta ils, les deux volumes de Rothwell, *The Minreal Industry* années 1892 et 1893.

les terrains domaniaux, qui était de 240 000 dollars en 1890, est tombé à 60 000 dollars en 1895.

Dès 1893, à la suite de la baisse provoquée par la découverte des gisements d'Algérie, toutes les Compagnies exploitantes avaient fermé leurs chantiers d'extraction. Elles ne les ont rouverts que le jour où la redevance à l'État, qui était de *1 dollar* par tonne, a été réduite à *50 cents*.

A la suite du rapport de M. Jones, la législature a ramené cette redevance à 25 *cents* par tonne. Le tableau ci-après donnera une idée de ce qu'était cet autre concurrent de l'Algérie jusqu'en 1893.

Répartition des gisements de la Caroline du Sud dans la consommation.

Années	Expéditions		Traités	Total
	en Europe.	aux États-Unis.	sur place.	général.
—	—	—	—	—
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1889. . .	143 002	308 643	90 000	541 645
1890. . .	219 822	250 936	116 000	586 758
1891. . .	126 798	295 151	151 000	572 949
1892. . .	124 454	212 942	181 000	548 396
1893. . .	157 371	234 512	165 000	556 883

Aujourd'hui, heureusement pour notre colonie, la richesse de ces minerais ne leur permet plus de supporter aussi facilement, comme nous l'avons dit, les cours de baisse et la hausse du fret.

Enfin, on a objecté souvent que l'Algérie, géographiquement mieux située, par rapport à l'Europe, que les gisements américains, les concurrencerait facilement par la différence du fret, malgré le titre plus élevé des phosphates de Floride.

Cette assertion est tout au moins exagérée, et, si nous prenons un exemple, les expéditions de phosphate dans la Baltique, dont nous reproduisons la statistique des prix payés aux annexes (voir *Annexes*, pages 290 et 291), nous voyons qu'en 1895 les phosphates algériens n'avaient pu s'introduire à Stettin. En 1895, Bône a expédié six vapeurs sur ce port.

Or, par suite de la situation économique des États-Unis, les importations d'Europe en Amérique ont fortement diminué, les navires en retour sont naturellement devenus beaucoup plus rares, et les prix du fret en retour ont subi une notable augmentation. Les dix-huit vapeurs expédiés en 1896, de Floride sur

Stettin, ont donc eu un fret moyen de 17,2 *sh.*, soit 21,45 *f*. Les six vapeurs expédiés de Bône sur Stettin ont payé un fret moyen de 9/4, soit 11,25 *f*.

Si nous admettons que les expéditions de Floride avaient un titre moyen de 80 0/0, on voit que le fret représentait, par unité de phosphate et par tonne, 0,27 *f* environ, tandis que les phosphates algériens, qui titraient dans les 67 0/0, avaient, par unité de phosphate et par tonne, un prix de fret de 0,17 *f* environ.

D'une façon générale, en Baltique et dans tous les ports de l'Europe du Nord, l'Algérie a donc un avantage de 0,10 *f* par unité de phosphate et par tonne, sur les prix de transport de Floride. Cette différence permet à ses minerais de s'introduire dans des usines où, en général, on préfère traiter les phosphates plus riches de Floride ; elle s'accentue naturellement en Méditerranée ; mais, si dans quelques années, la politique économique des Etats-Unis subissait une nouvelle évolution, le prix du fret en retour d'Amérique baisserait forcément, et la différence, au profit de l'Algérie, pourrait s'atténuer et même disparaître.

Pour nous résumer, la statistique ci-après, que nous empruntons à l'*American Fertiliser*, donnera une idée de la situation exacte des gisements américains :

	1895	1896		
États	Production.	Production totale.	Exportation.	Consommation locale.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
Caroline du Sud.	515 733	275 060	82 260	192 800
Floride.	530 356	499 065	395 171	103 894
Tennessee . . .	45 329	42 911	»	42 911
Caroline du Nord.	7 500	7 418	»	7 418
	1 098 518	824 454	477,431	347 823

La baisse semblant être arrivée aujourd'hui à son point culminant, nous croyons que cette statistique résume une situation qui aura une certaine durée. En comparant l'exportation de la Caroline du Sud, en 1896 et 1893, on voit déjà combien ses phosphates cèdent le pas aux produits algériens. Étant donné leur titre de 61 0/0 maximum, qui ne peut supporter la différence du fret avec les phosphates algériens, il est certain que ceux-ci prendront définitivement leur place sur le marché européen d'ici quelques mois.

Nous avons dit que la fabrication annuelle du superphosphate, en France, était de 750 à 800 000 *t*, que cette fabrication utilisait 350 à 400 000 *t* de phosphate brut.

On estime, d'autre part, qu'en 1895, par exemple, cette fabrication s'est répartie de la façon suivante :

Région Nord.	190 000 *t*
Paris et région Centre.	320 000
Sud et Sud-Ouest.	240 000
	750 000 *t*

La région Nord et la région de Paris se sont surtout approvisionnées, pour leurs besoins en phosphate, dans la Somme et en Belgique, tandis que le midi de la France et les usines de l'Ouest, comme la Pallice, Nantes, Granville, ont acheté des phosphates en Floride ou en Algérie. Il en sera probablement ainsi tant que les gisements de la Somme ne seront pas complètement épuisés.

En admettant même que la consommation française s'adresse uniquement à l'Algérie, si, comme on l'estime, l'Algérie, sans compter la Tunisie, comporte 150 millions de tonnes de minerais 60/70, la consommation française en aurait donc pour 375 ans à épuiser les gîtes algériens, qui, nous l'avons dit, sont loin d'être encore tous relevés.

Sans être taxé d'imprévoyance, n'est-il pas permis de se demander ce que feront nos petits-neveux dans ces longues années. Utiliseront-ils encore le superphosphalte pour amender leurs terres ? et, dans tous les cas, il est certain que la France possède une réserve de minerais phosphatés comme nul autre pays en Europe. Nous croyons donc qu'en dehors de l'intérêt des exploitations algériennes, dont la vitalité ne peut économiquement s'affirmer qu'autant qu'elles pourront développer leurs relations commerciales et leur production, on doit désirer, pour l'avenir industriel de notre grande colonie, voir l'industrie des phosphates y prendre une grande extension. Au point de vue général de notre commerce d'exportation, plutôt en voie de diminution, nous voudrions voir les phosphates algériens conquérir une sorte de monopole et aborder, en concurrence avec les minerais américains, le grand marché européen. Les principaux pays consommateurs sont, nous l'avons vu, l'Angleterre et l'Allemagne, suivis de loin par la Belgique, l'Italie et l'Autriche.

La statistique ci-après donnera une idée du marché d'importation des phosphates dans le Royaume-Uni.

Statistique des importations de phosphate de chaux dans le Royaume-Uni.

Pays importateurs.	En 1894.	En 1895.
	Tonnes.	Tonnes.
Belgique	76 094	68 894
France	44 162	33 569
Algérie	25 313	36 688
Etats-Unis	218 028	206 818
Antilles hollandaises	4 337	3 708
Canada	3 192	250
Antilles anglaises	570	2 006
Autres pays	8 573	7 726
	380 269	359 659

La France continentale, avec ses phosphates de la Somme, n'importe plus en 1895 que 33 000 *t*. La Belgique est également en décroissance. Seule, l'Algérie est en progression de 25 000 *t* en 1894; elle monte à 36 000 *t* en 1895; ses envois, en 1896, ont atteint près de 54 000 *t*, ils suivent une progression croissante, et nul doute que, si les industriels algériens sont secondés par la future législation des phosphates de chaux en Algérie, ils ne finissent par disputer le marché anglais aux phosphates américains dont les importations ont encore dépassé, en 1895, 206 000 *t*, et ne prennent particulièrement la place de la Caroline du Sud qui a encore importé en Angleterre, en 1896, plus de 80 000 *t*.

Cette situation est intéressante, car, comme le fait remarquer le journal l'*Anglo-Continental*, les importations de toutes provenances, sont en Angleterre en sérieuse diminution.

Voici les statistiques de ces importations :

1896	290 263 *t*
1895	359 559
1894	80 269
1893	343 527

L'Angleterre a donc importé, en 1896, 68 000 *t* en moins qu'en 1895, et 89 000 en moins qu'en 1894. Comme l'Angleterre ne produit pas de phosphate, cette diminution est la résultante d'une

consommation moindre en engrais phosphatés. La crise agricole, qui est encore plus intense en Angleterre que chez nous, est la cause la plus directe de cette diminution. Nos voisins paient chèrement leurs théories libre-échangistes.

Pour ne pas étendre le cadre de ce chapitre, nous devrons nous résumer et dire que le marché allemand se présente avec des conditions similaires à celles du marché anglais. Le principal port d'importation est Hambourg, par lequel on introduit chaque année en Allemagne, des quantités d'engrais de toutes sortes. En 1895, on a débarqué dans ce port, pour 2 millions de d'os, pour 4 millions d'ammoniaque et de guano, pour 4 millions de marks de phosphate, et pour 60 millions 1/2 de marks de nitrate de soude. Les phosphates de Floride y tiennent de beaucoup le premier rang, les arrivages en provenance d'Algérie y sont encore rares (1).

Depuis quelques années, le commerce des engrais semble avoir pris, également en Italie, une certaine ampleur, les ports de Gênes et de Venise reçoivent chaque année d'importantes cargaisons de phosphate à destination, notamment, des usines de Lombardie, du Piémont et de Vénitie. Nous n'oublierons pas pour l'Autriche les ports de Trieste et de Fiume qui jouent un rôle prépondérant vis-à-vis de la fabrication autrichienne. En résumé, nous l'avons dit, la consommation annuelle des phosphates en Europe est d'environ 1 500 000 *t*. Si l'on n'entrave pas l'essor de son industrie, l'Algérie parviendra à prendre, dans tous ces pays, une situation pour la vente de ses phosphates. Petit à petit ses minerais doivent conquérir dans le bassin de la Méditerranée, une sorte de monopole, et se partager avec les phosphates de Floride, les demandes des fabricants du nord de l'Europe.

Le point noir pour l'avenir de cette industrie réside dans la baisse inconsidérée qui a tant impressionné le marché, ces dernières années ; on l'attribue à des manœuvres de spéculation, et surtout à la crise agricole qui sévit sur toute l'Europe.

Depuis cinq ans, les prix de tous les phosphates ont baissé de plus de moitié, et l'on cite, actuellement, pour les phosphates algériens, des prix peu encourageant pour les exploitants.

Le 58/63 vaudrait 0,55 *f* l'unité tous ports d'Europe, et le

(1) Dans l'Est de l'Allemagne, on commence à acheter beaucoup de phosphates russes, soit pour l'emploi direct, soit pour la fabrication des superphosphates, et il est certain que, dans l'Europe centrale, les phosphates de Russie deviennent d'une consommation courante.

63/70 serait établi à 0,60 *f*, on dit même 0,58 *f* l'unité tous ports d'Europe. (Voir aux *Annexes* les cours pratiqués en avril 1897.)

Ces prix donneraient pour un phosphate dosant 60 0/0, 33 *f* la tonne, et pour un phosphate dosant 67 0/0, titre moyen des expéditions de phosphate riche, 40,20 *f* la tonne, tous ports d'Europe. Si nous nous reportons aux prix de revient que nous avons donnés en commençant ce chapitre, soit 29 *f* suivant M. Blayac, 31,50 *f* suivant nous, on voit que déjà, à l'heure actuelle, l'exploitant algérien, a peine à joindre les deux bouts pour ses expéditions de phosphate à 60 0/0, si l'on veut admettre nos prix de revient.

Par contre, il lui reste encore un bénéfice d'environ *huit francs* par tonne, sur ses expéditions ayant un titre moyen de 67 0/0, ce qui peut représenter une somme, pour un tonnage important. Mais nous avons admis dans nos prix de revient, on se le rappelle, un prix de redevance de *un franc* par tonne, qui est un prix très modéré ; les exploitants de Tébessa paient actuellement une redevance bien plus élevée ; de plus, les exploitants de phosphate, en poussant leurs galeries, sont souvent forcés d'abattre, en même temps que les minerais riches, des couches dosant 60 0/0, et ils arriveraient à augmenter considérablement leur prix d'extraction si, après le triage, ils jetaient au remblai les minerais dosant moins de 63 0/0.

L'administration des mines ne tolérerait, du reste, probablement pas cette manière de faire et interviendrait. On voit donc, pour nous résumer, que pour mettre en œuvre une exploitation de phosphate en Algérie, il faut engager de gros capitaux, et qu'étant donnés les prix de vente pratiqués, l'obligation où l'on se trouve souvent d'exploiter avec une couche de phosphate riche, un banc de phosphate d'un titre moins élevé qui lui est juxtaposé, les exploitants peuvent éprouver une certaine incertitude sur l'avenir de leurs entreprises. Pour les bonnes exploitations, les prix actuels laissent encore certainement une assez forte marge aux bénéfices ; mais si la baisse s'accentuait encore, les exploitants arriveraient bientôt à la limite au-dessous de laquelle ils ne pourraient faire que difficilement de nouveaux sacrifices.

L'avenir de l'industrie des phosphates en Algérie.

On nenous accusera pas d'être pessimiste, ni d'avoir trop poussé au noir le tableau de l'industrie des phosphates en Algérie, quand nous dirons que nous prévoyons, même dans ces conditions, de très heureux résultats pour l'avenir de cette industrie dans notre colonie. Les industriels devront seulement se persuader qu'à une situation nouvelle, il faut avoir le courage d'appliquer une nouvelle formule économique. De même que les petites exploitations qui ont été si prospères autrefois dans la Somme ne sauraient avoir une existence commerciale possible en Algérie, de même les exploitants ne devront plus se contenter uniquement d'extraire le phosphate de leurs gisements. Petit à petit, les Compagnies devront se transformer en fabricants de superphosphates, voire même en fabricants d'acide sulfurique.

Heureusement, l'Algérie se trouve merveilleusement placée par la nature, pour que ses industriels puissent conquérir le premier rang dans cet ordre d'idées. Si les capitalistes nous comprennent, si l'Administration veut aider dans la mesure de ses moyens ces nouvelles fabrications, l'industrie des engrais, établie en Algérie, prendra sur le marché européen une place prépondérante, et acquerra une sorte de monopole commercial des plus rémunérateurs. Nous venons de dire que, même avec un gisement de premier ordre, contenant peu, ou presque pas de 58/63, et ayant une moyenne de 67 0/0 pour ses produits, l'exploitant algérien n'était pas sûr du lendemain, que même s'il gagne de l'argent actuellement, le jour où, grâce à une nouvelle législation, on mettra la généralité des gisements en exploitation, l'industriel se trouvera, par suite de la concurrence, dans une situation certainement difficile. On parle bien de constituer à cette époque un futur Syndicat, mais on sait ce que valent ces sortes de machines, où, règle générale, les syndiqués se trichent les uns les autres.

De plus, les gisements ne contenant pas une forte proportion de minerai, titrant 58/63 sont exceptionnels en Algérie, et fort probablement l'Administration des mines interviendra pour ne pas laisser enfouir à tout jamais des richesses précieuses, et mettre un terme au gaspillage du minerai, en exigeant que les couches moins riches de phosphate, 58/63, qui se trouvent mélangées avec le 63/70, soient exploitées sérieusement, sous peine d'annulation de la concession.

Or, nous avons vu qu'aux cours actuels, l'extraction des phosphates à 60 0/0 n'était pas rémunératrice, et nous ne croyons pas que les cours de ces titres puissent jamais se relever d'une façon suivie. Bien mieux, par suite de circonstances particulières, nous pensons que la baisse des phosphates dosant 60 0/0 et au-dessous devra s'accentuer à un point tel, que sur ces bas titres, on assistera pendant une certaine période à un véritable effondrement des cours. On sait en effet qu'une grande Compagnie, au capital de 18 millions, s'est constituée il y a peu de semaines, pour la mise en exploitation des gisements tunisiens de Gafsa. Nous ne discuterons pas sur la plus ou moins grande régularité de ces gisements, qui, selon nous, comportent de nombreuses fractures; nous admettons qu'ils forment une masse considérable de minerai. Ce qui est indiscutable, c'est que ce minerai est pauvre, très siliceux, d'après l'analyse de M. Ad. Carnot que nous avons cité; et même en les lavant, la Compagnie ne pourra pas faire de livraisons régulières titrant au-dessus de 58/60. Cette Société commence actuellement la construction d'un chemin de fer de 250 *km* pour relier ses gisements au port de Sfax. On prévoit qu'elle dépensera 11 à 12 millions pour cette construction qui durera trois ans, et son prix de revient de transport serait basé sur un trafic annuel de 300 000 *t* de phosphate.

Après ce que nous avons dit sur l'état du marché des phosphates, nous croyons inutile d'insister sur l'effondrement que produira sur les cours du 55/60 la mise en vente de telles quantités. On ne peut penser à les écouler uniquement sur le marché français, et nous ne croyons pas, étant donnés le bas titre de ces minerais, et le taux du fret, qu'ils puissent se présenter sur les marchés étrangers avec une marge au bénéfice. Qu'une amélioration, même passagère, vienne à se produire sur le taux du fret des voyages en retour d'Amérique, et ce sera, entre les gisements de Gafsa et les phosphates de la Caroline, une guerre à mort qui ne peut être que ruineuse. Comment se dénouera cette future situation? Nous ne pouvons le dire, car la Compagnie de Gafsa se trouvera forcément obligée, par le capital considérable qu'elle aura consacré à la construction de son chemin de fer, de maintenir son prix de revient de transport, en continuant à produire quand même le tonnage prévu. Aussi étant donné l'intérêt naturel qu'excite la haute honorabilité des promoteurs de cette entreprise, serions-nous heureux, si ces considérations pouvaient les intéresser, car si cette Compagnie, éprouvait un échec, nous

avons peur qu'il ne soit très préjudiciable dans les milieux financiers, aux futures exploitations algériennes.

Quoi qu'il en soit, il reste acquis par ce que nous venons d'expliquer, que, par le travail même de l'extraction, l'exploitant algérien sera obligé de tirer parti du phosphate 58/63 qui pourra se trouver dans ses gisements; qu'on est menacé sous peu d'années d'avoir à écouler en perte ces minerais, et selon nous, l'unique moyen pour les Compagnies de s'en tirer, tout en donnant une plus grande envergure à leurs entreprises, sera de fabriquer du superphosphate au port d'embarquement, avec les phosphates ne titrant que de 58 à 63 0/0. On pourra continuer à réserver pour l'exportation les phosphates plus riches de 65 à 70 0/0 qui sont plus capables de supporter le fret, et de lutter comme minerais bruts avec les phosphates américains.

Si nous examinons la question au point de vue industriel, on sait que plusieurs gisements importants de pyrites de fer existent non loin des ports en Algérie; on est, du reste, non loin de l'Espagne et de ses mines de pyrites, encore plus près de la Sicile, dont on pourrait importer le soufre à bon compte; la fabrication de l'acide sulfurique en Algérie ne présenterait donc pas de difficultés. Ajoutons que la main-d'œuvre est abondante, moins chère qu'en France, et que l'on peut avoir de bons charbons franco bord, tous ports d'Algérie, à raison de 20 à 22 *f* la tonne.

Le phosphate à 60 0/0 que nous proposons d'utiliser pour cette fabrication, permet d'obtenir un excellent superphosphate dosant 14 0/0 d'acide phosphorique soluble. C'est, comme on sait, un titre très demandé qui permet de donner satisfaction aux cultures des différents pays.

Au point de vue commercial, l'Algérie, par sa situation géographique, se trouve des mieux placées, elle occupe une position centrale lui permettant d'avoir le premier rang dans l'industrie des engrais en Méditerranée. — En évitant des transports onéreux de matières premières, l'industriel qui y établira une manufacture, sera en état de fournir à meilleur compte que ses concurrents continentaux, du superphosphate au midi de la France par le port de Marseille, à l'Italie par Gênes et Venise, à l'Espagne par Barcelone. On sait que chaque année on importe en Espagne et en Italie de gros lots de superphosphate ; les industriels algériens y seraient dans d'excellentes conditions, pour concurrencer les usines continentales, ayant sur place le phosphate, la pyrite et une main-d'œuvre bon marché. Nous ne pouvons donner ici des

détails de prix de revient sur la fabrication des superphosphates, mais nous pouvons dire qu'ayant eu l'occasion de les établir comparativement en France et en Algérie, nous sommes certain que les Compagnies algériennes trouveraient encore des bénéfices à des prix où les fabricants européens ne pourraient livrer qu'en perte. Pour terminer cet exposé, ajoutons qu'on pourrait facilement expédier par le port de Trieste des superphosphates en Autriche et en Allemagne du sud, où les usiniers sont obligés de faire venir par un coûteux transport, leurs phosphates de Hambourg.

Nous croyons même que le jour où ces fabrications seraient établies en grand dans notre colonie, on arriverait à rivaliser sur leurs propres marchés, avec les usines anglaises ou allemandes et à exporter d'Algérie des chargements de superphosphate à destination du nord de l'Europe, en mettant à profit les occasions de fret que l'on a en Méditerranée pour utiliser les retours des charbonniers.

Tous ceux qui connaissent l'industrie des engrais, se rappellent que pendant de longues années, les industriels anglais ont fourni tout l'ouest de la France en superphosphate; les gisements algériens permettraient à l'industrie française de prendre une revanche commerciale, si la future législation qui est en ce moment à l'étude au Parlement, est conçue dans un esprit libéral et commercial. C'est en disant quelques mots du régime que l'on propose pour l'exploitation des phosphates en Algérie, que nous terminerons ce dernier chapitre.

Législation régissant l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie.

C'est la question délicate à l'ordre du jour, nous ne pouvons naturellement que la résumer ici. On est, hélas ! loin d'être d'accord, et cela semble tenir, surtout, à ce que d'une part les phosphatiers voudraient obtenir la promulgation d'une loi libérale, leur permettant de soutenir la concurrence étrangère et de développer sans se ruiner leur industrie, tandis que les commissions, composées de fonctionnaires qui ont préparé les projets de lois, paraissent surtout avoir recherché l'intérêt de l'État, sans tenir compte des besoins industriels et des nécessités commerciales. On se pénètre facilement, en lisant l'exposé des motifs, que les rédacteurs du projet devaient ignorer totalement les conditions économiques du marché des phosphates. Ils devaient se figurer,

sans doute, que cette industrie donnait des bénéfices considérables, et ils ont tâché de faire profiter le Trésor de ces gains imaginaires. Seulement, si les mesures qu'ils proposent sont votées par le Parlement, il faudra renoncer à la suprématie dans l'industrie des engrais, qu'on pouvait espérer pour l'Algérie ; ses exploitations de phosphate auront vécu. De toutes nos colonies africaines, la Tunisie, qui échappe par la fiction du Protectorat, à la législation française, pourra seule exploiter ses gisements qui sont loin cependant, comme qualité, de valoir les gîtes algériens.

Dans ces conditions enfin, les phosphates américains pourront accaparer le marché européen, et notre industrie des engrais devenant tributaire des minerais étrangers, sera en mauvaise position pour lutter contre l'importation des superphosphates étrangers.

On sait qu'en France, l'exploitation des mines est régie par la loi de 1810; l'exploitation des phosphates est classée dans le régime des carrières. Du fait de ce classement, le phosphate n'est pas concessible, les propriétaires de la surface peuvent disposer du tréfonds phosphaté, soit pour l'extraire, soit pour l'amodier. C'est ainsi que par exemple, on a exploité les gisements du Lot, du Gard, de la Somme et du Nord. En Algérie, une première restriction a été apportée à ce régime de liberté, par la promulgation du décret du 12 octobre 1895, qui a suivi de quelques semaines l'interpellation de M. Pauliat au Sénat. Aux termes de ce décret, l'État se réserve le droit exclusif d'accorder des concessions par voie d'adjudication, sur les terrains domaniaux, communaux ou indigènes, de droit collectif ou privé (Melck ou Arch).

La liste des concurrents à l'adjudication sera soumise à l'approbation du Gouverneur général de l'Algérie ainsi que les résultats de l'adjudication.

Également pour encourager les inventeurs, l'Administration pourra autoriser des recherches pendant une durée d'un an sur les territoires non amodiés, et si les travaux établissent l'existence d'un gîte encore inconnu, on pourra accorder à l'explorateur une amodiation sans adjudication. Le décret, dans le but de réserver à l'agriculture française des engrais bon marché, établit enfin un droit de 0,50 *f* par tonne de phosphate exportée d'Algérie. Nous avouons humblement ne pas comprendre cette disposition proposée par la Commission administrative, qui, mue par le même esprit, semble s'être préoccupée aussi, d'après l'exposé des motifs,

de faire relever les tarifs de transport des chemins de fer algériens, que tous les commerçants s'accordent, cependant, à trouver excessifs et anti-économiques.

Le décret d'octobre 1895 respectait, cependant, les droits tréfonciers des propriétaires français en Algérie : ils pouvaient, comme en France, disposer de leurs phosphates, et c'est ainsi que les exploitations de Tocqueville et de Bordj-Rédir ont pu se constituer.

D'une facon générale, au point de vue juridique, ce décret ne tient ni du régime des mines, ni de celui des carrières, c'est un régime mixte, qui place cependant les exploitations sous la surveillance et le contrôle des Ingénieurs des Mines. Il régit encore actuellement l'exploitation des phosphates en Algérie, bien qu'en grande partie il soit lettre morte, M. Bourgeois, ministre de l'Intérieur, ayant déposé, dès le 20 janvier 1896 sur le bureau de la Chambre, un nouveau projet de loi. A la suite de ce dépôt, l'Administration algérienne n'a pu que prendre des mesures conservatoires à l'égard des gisements, et se borner à percevoir le droit de 0,50 *f* par tonne; mais en attendant la décision du Parlement, aucune adjudication n'a été pratiquée, aucune amodiation de gisement consentie, aucun permis de recherches accordé.

Il y aura bientôt un an et demi qu'une Commission a été nommée à la Chambre, pour étudier ce nouveau projet; pendant ce temps les mines américaines ont su profiter de cette mise sous séquestre des gisements algériens pour perfectionner leur outillage, multiplier leurs relations commerciales, car les exploitants anglais pouvaient seuls travailler en Algérie. Nous ignorons pour notre part, quand la Commission parlementaire déposera son rapport; mais nous craignons que la discussion n'en vienne que dans quelques mois à l'ordre du jour. Or, on sait que nous sommes à la fin d'une législature; si la loi sur les phosphates n'est pas votée en temps utile par le Sénat, les intéressés auront encore à subir un retard considérable. Il faut le dire, depuis longtemps, de vives impatiences se manifestent en Algérie, le découragement s'empare de ceux déjà nombreux qui ont fait des sacrifices, et l'incertitude qui règne dans l'industrie des engrais paralyse et entrave en France le développement normal des affaires.

Préoccupé de cet état de choses, M. Cambon, gouverneur général de l'Algérie, en a fait part à la Commission parlementaire; qu'il nous permette de lui adresser ici tous nos remerciements. Il a fait ressortir la nécessité d'arrêter les résolutions que com-

porte la situation, afin de ne point laisser plus longtemps improductive une telle source de richesses.

A ce propos, il aurait émis l'avis qu'il conviendrait peut-être de prendre, avec l'approbation du Parlement, des mesures provisoires en attendant le vote du projet de loi qui peut subir des retards.

M. Cambon aurait d'autant plus insisté, qu'il a appelé l'attention du Gouvernement français sur la répercussion fâcheuse que la concession tunisienne de Gafsa peut avoir sur les exploitations algériennes. Les gîtes tunisiens vont se trouver en effet dans une situation légalement privilégiée, jouissant d'un règlement administratif très libéral édicté par le Résident général de France en Tunisie, alors que les gîtes algériens voisins, du fait qu'ils se trouvent sur un territoire français, sont menacés de rester encore de longs mois sans pouvoir être mis en œuvre.

Nous donnons aux *Annexes*, le texte du projet de loi soumis à l'examen de la Commission parlementaire, ainsi que celui du décret du 12 octobre 1895.

On pourra voir que la loi à l'étude est une aggravation sensible du décret en vigueur; nous en signalerons particulièrement les dispositions suivantes. Les colons ne pourraient plus disposer des phosphates contenus dans leurs propriétés de droit français, et suivant l'exposé des motifs, cette inégalité de traitement avec le régime appliqué à la propriété en France, s'expliquerait par ce qu'on n'a pas à *respecter chez les propriétaires algériens des droits acquis*.

Pour nous, nous estimons que ce traitement arbitraire n'est pas fait pour encourager la colonisation en Algérie, et qu'à lui seul, il suffira pour y rendre la future loi des plus impopulaires. Juridiquement parlant, le projet continuant à classer l'exploitation des phosphates en Algérie dans le régime des carrières, et d'une façon générale les propriétaires de la surface ayant toujours eu en France la propriété tréfoncière des matières classées dans cette catégorie, la nouvelle loi sera donc une mesure d'exception prise en défaveur des Français qui colonisent l'Algérie.

L'exposé des motifs insiste sur cette particularité que la nouvelle loi ne s'appliquera qu'aux phosphates en couches, que, par exemple, les phosphates en cavernes de la province d'Oran, exploités depuis plusieurs années aux environs de Nemours, continueront à être régis par la législation suivie dans la France continentale. En dehors des difficultés administratives que cette dis-

position peut susciter, deux législations différentes régiront donc l'exploitation des phosphates en Algérie. Comme il en existe une troisième en Tunisie, les industriels français qui se risqueront dans nos colonies d'Afrique, auront l'occasion, tout en exploitant du phosphate, de pouvoir faire des études de législation comparée. Je me permettrai de demander quelle législation pourrait bien adopter l'Administration, et si l'on confectionnerait une quatrième loi, si par hasard, un jour ou l'autre, les Ingénieurs découvraient des gisements dans le crétacé algérien. Ce jour-là le phosphate ne serait plus ni en cavernes ni en couches, il serait en poches, et l'aimable fonctionnaire chargé d'appliquer sur place les prescriptions de la loi, serait peut-être bien embarrassé.

Nous ne voudrions pas allonger ce dernier chapitre, mais nous sommes bien forcé de mettre en relief l'esprit peu libéral du projet, et de faire remarquer que si la nouvelle législation admet que des travaux de recherches puissent être autorisés pendant un délai d'un an, elle ne récompense pas l'inventeur du gisement comme le faisait le décret d'octobre 95; bien mieux, elle supprime la faculté que le décret avait laissée à l'Administration de concéder aux explorateurs un gisement de gré à gré sans recourir à l'adjudication. Enfin nous avons fait ressortir, au cours de ce travail, l'importance du capital nécessaire en Algérie pour mettre un gisement en œuvre.

Étant donné le bénéfice minime à réaliser par tonne de phosphate extraite, — et dans l'intérêt de l'agriculture, il doit en être ainsi, — les frais de premier établissement devront s'amortir sur une longue période. La nouvelle loi n'autorise plus l'Administration à tenir compte aux industriels des sacrifices effectués : on devra coûte que coûte, procéder tous les dix ans à une nouvelle adjudication, les rédacteurs du projet paraissant ignorer que dans des travaux de mines de cette importance, il est indispensable, pour donner aux travaux une certaine envergure, d'avoir la sécurité du lendemain avant d'engager des capitaux.

Mais la question la plus grave, sur laquelle nous terminerons cette courte critique du projet, est le côté économique. On a vu que les exploitations de phosphate en Algérie, trouvent en Europe un concurrent redoutable dans l'importation des phosphates de Floride. Nous avons essayé de prouver que déjà aux cours actuels, la vente des minerais titrant 60 0/0 et au-dessous, n'était plus rémunératrice.

Nous avons fait ressortir que par suite de la mise en route pro-

chaine des gisements de Gafsa, les cours de prix pratiqués sur ces bas titres tendraient plutôt à tomber encore. Et c'est dans ces conditions que le projet de loi parle de relever le droit d'exportation de 0,50 à 2 *f* par tonne. Augmenter le prix de revient des fabricants de 1,50 *f* par tonne, serait, non seulement les mettre dans l'impossibilité d'écouler leurs phosphates à 60 0/0 et accorder pour ainsi dire un monopole à l'exploitation tunisienne de Gafsa au détriment de l'Algérie, mais encore rendre aux Compagnies algériennes la vente de leurs phosphates 65/70 très difficile sur les marchés européens. On n'a qu'à examiner les cours de vente et les prix de revient pour se rendre compte que les exploitants algériens seraient dans une position difficile vis-à-vis de la Floride et de ses phosphates 75/80. En voulant percevoir des droits trop élevés, l'État menacerait de rendre impossible l'exploitation des phosphates en Algérie, et courrait le risque de ne plus rien avoir à encaisser.

Dans l'intérêt des phosphatiers, dans celui de la prospérité de l'Algérie, nous espérons que des avis compétents viendront éclairer les discussions prochaines du Parlement. Nous souhaitons que des voix éloquentes sachent convaincre nos législateurs, combien il est indispensable pour notre agriculture, nécessaire pour notre grande industrie des engrais et des produits chimiques, que les exploitations de phosphate en Algérie puissent prospérer à l'abri d'une législation protectrice et libérale.

C'est par ces vœux que nous terminerons ce travail où nous sommes ici l'écho de nombre d'industriels et de négociants français, et, sans vouloir être prophète, nous craignons bien que si le projet déposé était promulgué dans son ensemble, l'exploitation industrielle des phosphates en Algérie aurait vécu. Ces beaux gisements, uniques au monde, deviendraient une simple curiosité scientifique.

Avant de quitter la plume, nous tenons à adresser tous nos remerciements aux fonctionnaires qui ont si obligeamment facilité notre tâche en Algérie. Dans les diverses administrations, dans les communes mixtes, nous avons toujours rencontré chez ces messieurs une amabilité inépuisable et le désir d'être utiles à un compatriote.

LES

GISEMENTS DE PHOSPHATE DE CHAUX

DANS LES

PROVINCES DE CONSTANTINE ET D'ALGER

ANNEXES

ANNEXE N° 1

Statistique des Frets pour phosphate brut expédié de la Floride et de l'Algérie dans les ports de la Baltique.

1895				1896			
VAPEURS	TONNES	LIEUX DE CHARGEMENT	FRETS PAYÉS	VAPEURS	TONNES	LIEUX DE CHARGEMENT	FRETS PAYÉS
			STETTIN				
Hartville	1 650	Punta Gorda	18/-	*Carl Hirschberg*	1 750	Bône	9/9
Sir W^m Amstrong	2 200	Brunswick	18/9	*Ennismore*	1 500	—	9/6
Cordova	2 871	Punta Gorda	17/6	*Novak*	1 950	—	9/-
Orsino	1 590	Fernandina	17/6	*Barrailough*	2 127	Dales Crak	15/6
Roikliff	3 100	—	16/9	*Oaklands*	2 459	Fernandina	16/9
Springfield	2 750	—	19/-	*Roikkliff*	2 162	—	16/10 1/2
Hypatra	1 997	Brunswick	18/6	*Ben Clune*	2 550	—	16/-
Springfield	2 750	Fernandina	19/-	*Renfrew*	2 795	—	17/6
Britannio	1 490	Savannah	16-6	*Durham City*	2 200	—	17/6
Birdoswald	3 000	Port Tampa	19/6	*Mab*	2 082	Port Tampa	19/6
Inverness	1 449	Savannah	15/-	*Ruabon*	2 673	Bône	8/9
Birdoswald	2 826	Port Tampa	19/6	*Glanhafren*	2 650		13/9
Macedonia	1 955	Fernandina	17/9		450	Fernandina	15/-
David Mainland	2 525	—	17/3	*Marima*	2 168	Brunswick	15/-
Henriette H.	2 688	—	17/-	*Ben Corlio*	2 537	Fernandina	15/9
Tynedale	2 910	Port Tampa	19/-	*North Flint*	2 720	—	16/6
Mab	2 750	Fernandina	17/6	*Lovstakken*	3 300	—	16/-

City of Newcastle . .	2 700	—	17/6	*Jane Kelsall*	2 489	Port Tampa	17/6
Stuart Prince . . .	1 900	Port Tampa	19/-	*Rjukan*	2 329	Fernandina	19/6
Clintonie	2 472	—	18/9	*Ranmoor*	2 752	Brunswick	19/3
Nymphea	2 300	Fernandina	18/6	*Ragna*	2 000	Bône	8/3
Bothal	2 414	Port Tampa	19/-	*Bothal*	2 470	Brunswick	25/-
				Athalie	2 697	Port Tampa	20-6
				Liebenstein	1 000	Bône	12/-

Les vapeurs affrétés à Tampa à la date du 31 décembre 1896 ne sont pas compris dans ce qui précède.

DANZIG

Annendale	»	Fernandina	18/-	*Dunmore Head* . . .	»	Fernandina	17/-
				Vésuv	»	Bône	11/6

MEMEL

Vannghar	»	Florida	18/3-17/9	*Niovsian*	1 550	Fernandina	18/4 1/2
				Hallamshire	1 450	—	23/6

PORTS EN DEHORS DE L'ALLEMAGNE

HELSINGBORG . .	*Lemgo*	»	Port Tampa	17/-
— . .	*North-Goalia*	»	—	17/6
— . .	*Stalheim*	»	—	18/3
STOCKHOLM . . .	*Ciburmum*	»	—	18/-
LANDSORONA . .	*Langoe*	»	—	14/-
— . .	*Virginia*	»	—	22/6

Le tout en shillings sterling à la tonne.

ANNEXE N° 2

Cours du 28 avril 1897.

DÉSIGNATION DE LA PROVENANCE	LIEUX DE LIVRAISON	GARANTIE FER et ALUMINE	DISPONIBLE	LIVRABLE
Phosphates de la Somme				
NON LAVÉS				
Dosant de 75 à 80 0/0 de ph. de chaux.	Doullens.	2 0/0	» 70	» 70
— 70 75 —		2 1/2	» 60	» 60
— 65 70 —	Auxi-le-Château.	4 0/0	» 55	» 55
— 60 65 —		5 0/0	» 50	» 50
— 55 60 —	Péronne.	sans	» 45	» 45
— 50 55 —		garantie.	» 40	» 40
— 45 50 —			» 35	» 35
— 40 45 —			» 30	» 30
LAVÉS	Environs de St-Quentin ou parités.	2 0/0		
		3 0/0		
Dosant de 70 à 75 0/0 de ph. de chaux.		31/2 à 4 0/0	» 60	» 60
— 65 70 —		5 0/0	» 55	» 55
— 60 65 —			» 50	» 50
— 55 60 —			» 45	» 45
(Prix à l'unité de phosph. par 1 000 *kg*)				
Craies phosphatées lavées				
Dosant de 60 à 65 0/0 de ph. de chaux.	Sur bateau Canal de la Somme ou de Saint-Quentin.		» 52	» 52
— 55 60 —			» 46	» 46
— 50 55 —		1 1/2	» 38	» 38
— 48 52 —		à	» 36	» 36
— 45 50 —		2 0/0	» 34	» 34
— 42 45 —			» 32	» 32
— 40 45 —			» 30	» 30
(Prix à l'unité de phosph. par 1 000 *kg*)				
Phosphates du Canada				
Dosant de 80 à 85 0/0 de ph. de chaux. (Prix à l'unité de phosph. par 1 000 *kg*)		2 0/0	1 »	1 »
Phosphates de Caroline	Ports d'Europe.			
55 à 60 roche de rivière, en vrac. . . .		3 0/0	5 d 1/2	5 d 1/2
55 à 60 — de terre, l'unité p. 1 000 *kg*			5 d 1/2	5 d 1/2

ANNEXE N° 2 *(Suite)*

Cours du 28 avril 1897 *(Suite)*.

DÉSIGNATION DE LA PROVENANCE	LIEUX DE LIVRAISON	GARANTIE FER et ALUMINE	DISPONIBLE	LIVRABLE
Phosphates de la Floride				
Dosant de 75 à 85 0/0 de ph. de chaux.	Ports d'Europe	3 0/0	6 d 3/4	6 d 3/4
— 55 65 0/0 de rivière. . . .	—	3 0/0	5 d 3/4	5 d 3/4
(Prix à l'unité de phosph. par 1 000 *kg*)				
Phosphates Algériens				
(Province de Constantine)				
Dosant 58 à 63 0/0	Ports Bayonne à Dunkerque.	2 0/0	» 55	» 55
— 63 70 0/0			» 60	» 60
Dosant 58 à 63 0/0	Ports de la Méditerranée.	2 0/0	» 55	» 55
— 63 70 0/0			» 60	» 60
Dosant 58 à 63 0/0	Royaume-Uni.	2 0/0	5 d 1/2	5 d 1/2
— 63 70 0/0			5 d 3/4	5 d 3/4
Dosant 58 à 63 0/0	Ports du continent.	2 0/0	5 d 1/2	5 d 1/2
— 63 70 0/0			5 d 3/4	5 d 3/4
Phosphates de Liège				
Dosant de 65 à 70 0/0 de ph. de chaux.	Liège Rocour ou parité.	»	» 65	» 65
— 60 65 —		2 1/2	» 60	» 60
— 60 65 —		3 1/2	» 52	» 52
— 55 60 —		3 1/2	» 50	» 50
— 50 55 —		4 »/»	» 40	» 40
— 45 50 —		sans	» 25	» 25
(Prix à l'unité de phosph. par 1 000 *kg*)		garantie.	12 50	12 50
Dosant de 40 à 45 0/0 prix par 1 000 *kg*				
Phosphates de Mons				
Craie lavée 40 à 45 0/0 de ph. de chaux.	Mons.	1 2/5	» 33	» 33
— 45 50 —	Ciply.	2 0/0	» 40	» 40
(Prix à l'unité de 50 à 55 par 1 000 *kg*)	—	»	» 42	» 42
— 55 60 —	—	»	» 45	» 45

ANNEXE N° 3.

Projet de loi sur l'exploitation des phosphates de chaux en couches situés en Algérie

PRÉSENTÉ

Au nom de M. FÉLIX FAURE, *Président de la République française*,

Par M. LÉON BOURGEOIS, *Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur*,

Par M. PAUL DOUMER, *Ministre des Finances*,

Par M. GUYOT-DESSAIGNE, *Ministre des Travaux publics*,

Et par M. VIGER, *Ministre de l'Agriculture*.

Exposé des motifs.

Messieurs,

Conformément à l'engagement pris par le Gouvernement dans la séance de la Chambre des députés du 24 décembre dernier, nous venons vous présenter le projet de loi qui nous a paru pouvoir régler les conditions de l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie.

Comment ces gîtes ont été découverts, comment leur exploitation a débuté, quels incidents et quelles difficultés elle a soulevés, comment le Gouvernement a cherché à les résoudre provisoirement par le décret du 12 octobre 1895, ce sont des questions sur lesquelles il nous paraît inutile de revenir ; les diverses discussions qui ont eu lieu dans le Parlement les ont suffisamment élucidées. Mais il ne sera pas inopportun de rappeler les motifs, invoqués déjà par le Gouvernement dans la dernière discussion devant la Chambre, qui expliquent et justifient la législation spéciale que nous vous proposons et qui en doivent constituer les bases.

« Une législation particulière est ici nécessaire », faisions-nous observer dans cette discussion, « parce qu'elle doit être appliquée à un pays différent de la métropole par la nature de son sol et par l'état de civilisation de ses habitants. Il n'est pas possible d'appliquer d'une manière mécanique, pour ainsi dire, la législation française aux territoires algériens ».

Les mêmes idées avaient déjà inspiré la préparation du décret du 12 octobre 1895. On s'y était efforcé de ne modifier la loi métropolitaine, — qu'il y a toujours intérêt à suivre en Algérie lorsqu'on le peut, — que dans celles de ses dispositions qui ressortaient comme incompatibles avec les conditions spéciales à l'Algérie. Aussi bien le Gouvernement a déjà fait connaître qu'il pensait devoir maintenir comme base de la législation projetée l'économie générale de ce décret, sauf à le modifier sur divers points, en ce qui concerne notamment l'extraction et les redevances et en cherchant, en outre, à étendre aux agriculteurs français les avantages qui n'étaient accordés par le décret, et sur une échelle très réduite, qu'aux agriculteurs algériens.

Il y a trois points sur lesquels le projet de loi diffère du décret du 12 octobre 1895 et dont l'importance nécessite que nous nous y arrêtions tout d'abord.

Le décret avait laissé de côté les terrains qui sont actuellement des propriétés constituées au titre français entre les mains de personnes privées. Nous ne méconnaissons pas les motifs de droit qui avaient conduit à faire une distinction entre ces terrains et ceux appartenant à des collectivités administratives ou relevant du droit musulman. Mais il ne faut pas perdre de vue que les phosphates en couches, dont la découverte a suscité une si légitime émotion, ont été reconnus depuis trop peu de temps en Algérie pour que des transactions sérieuses aient pu être faites, en vue de leur exploitation, sur des terrains de propriété privée suivant le droit français : de pareilles propriétés existent à peine dans les régions à phosphates. Le législateur peut donc séparer les phosphates de la propriété du sol en Algérie pour en rendre l'exploitation plus utile aux intérêts publics, sans être arrêté par cette question des droits acquis qui, dans la métropole, n'a pas laissé de contribuer puissamment à faire classer les phosphates dans les carrières. Aussi bien la dévolution des « redevances tréfoncières » faite par l'article 13 aux propriétaires superficiaires paraîtra, dans l'espèce, une large compensation à la perte d'espérances qu'ils auraient pu entrevoir plus que de droits acquis dont ils auraient pu se croire réellement investis.

D'autre part, il y a lieu de remarquer que si l'on rencontre dans la métropole des phosphates de chaux en couches, ces couches n'ont jamais présenté jusqu'ici la richesse, la puissance et l'étendue de celles du Sud-Algérien. C'est pourquoi aussi, — et c'est la seconde différence entre la loi et le décret du 12 octobre 1895, —

le projet que nous vous soumettons ne s'applique qu'aux phosphates en couches tels que ceux de Tébessa. Il y a deux autres catégories de gîtes de phosphates connus en Algérie : les uns se rencontrent, notamment aux environs d'Orléansville, dans les grottes où ils forment des terres phosphatées de basse teneur en phosphate, mais contenant aussi de l'azote ; les autres, près de la frontière du Maroc, forment des poches de phosphorites très pures mais en très faibles masses. Les uns et les autres sont très limités, sans importance industrielle actuelle, et paraissant sans avenir. Le régime du présent projet ne donnerait ici que des complications sans utilité pratique ; il aurait plus d'inconvénients que d'avantages.

Il nous reste à définir le caractère juridique fondamental du projet.

Comme nous venons de le dire, il détache de la propriété superficiaire les gîtes de phosphates de chaux en couches, dans tous les terrains où ils peuvent se trouver ; mais de cette séparation il ne résulte pas que les phosphates doivent être classés dans les mines. Les mines, dans notre droit français, ne sont pas seulement caractérisées par leur séparation de la propriété superficiaire, mais encore et surtout par tout un régime que définit une législation spéciale pour le mode d'institution des concessions et la nature de leur propriété perpétuelle entraînant pour le concessionnaire des obligations et des droits particuliers. Il a été reconnu que ce régime était incompatible avec l'allure et la nature des gîtes de phosphates algériens et le décret du 12 octobre 1895 a très judicieusement établi celui qui convenait aux conditions de l'espèce. Ce régime est, en fait, un régime de carrières, mais de carrières spéciales : c'est ce que le projet de loi admet et établit nettement par les articles 1 et 14. Il en résulte donc que les gîtes de phosphates de chaux en couches, dans quelque terrain qu'ils se trouvent placés, deviennent des carrières domaniales, mais des carrières dont le régime normal, à ce titre, se trouve modifié par les dispositions de la loi dont il nous reste maintenant à expliquer les détails dans l'ordre de ses articles.

Nous n'avons pas à revenir sur l'article 1er dont nous venons d'expliquer l'importance et la portée par sa combinaison avec l'article 14.

L'article 2 relatif aux recherches ne fait que reproduire l'article 6 du décret sauf les modifications du dernier paragraphe. Avant d'en parler, nous devons rappeler que de pareilles recher-

ches seront généralement indispensables. Ce qui reste inconnu pour le développement de l'exploitation des phosphates algériens c'est une question de teneur. On sait parfaitement aujourd'hui les localités où se trouve leur niveau géologique. Des recherches par galeries ou puits peuvent seules permettre de s'assurer si, en profondeur, la couche est exploitable nonobstant l'insuffisance de teneur de l'affleurement.

Le dernier paragraphe vise la procédure à suivre pour l'occupation des terrains nécessaires à l'exécution des travaux et l'indemnité à payer pour cette occupation. On s'est borné à poser le principe d'une indemnité « aux intéressés » sans autrement préciser dans les termes, à raison de la multiplicité des cas qui peuvent se présenter suivant que l'on se trouve en terrains domaniaux, départementaux, communaux, en terrains melk ou arch, ou en terrains de droit français. Il peut y avoir en cause le propriétaire pour ces terrains et éventuellement son fermier ; l'usager ou l'arabe simple détenteur dans les terrains de droit musulman. Pour être complexe en fait, la question n'en est pas moins analogue à toutes celles de cette nature qui peuvent se présenter pour d'autres occupations semblables. Ce sont des questions de jurisprudence algérienne dont il suffit que la loi indique le principe.

Les articles 3, 4, 5, 6 et 7 reproduisent en principe les dispositions fondamentales du décret du 12 octobre sur les amodiations et leur procédure, sauf une différence de fond et quelques modifications de forme.

Au fond on a cru devoir supprimer la faculté donnée à l'Administration d'attribuer une amodiation sans adjudication à l'inventeur. Il a semblé que l'inventeur trouverait une rémunération suffisante dans des indications qu'il sera seul à connaître et qui lui donneront un avantage marqué sur ses concurrents à l'adjudication. On peut donc compter que les recherches auront lieu nonobstant la suppression de cette clause.

On a réduit à la durée de dix ans la faculté de prorogation sans adjudication de l'article 6.

L'article 8 met dans la loi même l'ensemble des obligations que l'article 2 du décret, dans la seconde partie, proposait d'insérer dans chaque cahier des charges. Cette solution, qui aboutit au même résultat, est à la fois plus sûre et plus simple.

Au paragraphe 6 de cet article se présente une question de règlement d'indemnité « aux intéressés » de même ordre que celle ci-dessus discutée à l'occasion de l'article 2.

Un paragraphe 7 nouveau permettra l'établissement des voies extérieures dans des conditions plus pratiques que celles que prévoyait l'article 11 du décret.

L'article 9 ne se trouvait pas dans le décret. On l'a mis dans la loi à cause des différences entre celle-ci et celui-là. La loi met tous les phosphates dans les mains de l'État ; elle lui en attribue la propriété qui est légalement et définitivement détachée de celle du sol. Il serait toutefois inadmissible, et nul ne voudrait admettre qu'un cultivateur ne pût bénéficier, pour amender son champ, d'une marne phosphatée, alors qu'elle ne sera pas exploitable industriellement et que la propriété ne serait pas comprise dans les limites d'une exploitation. Légalement il ne le pourrait cependant pas puisque les phosphates sont la propriété de l'État. Penserait-on vider ce conflit incessant et continu par une distinction fondée sur l'exploitation industrielle du produit ? On ne ferait que déplacer la difficulté sans la résoudre ni même l'atténuer. L'exploitabilité industrielle est et restera incessamment variable suivant les lieux et les époques.

La solution proposée par l'article 9 est une transaction de nature à concilier partout et en tout temps les intérêts en présence. Dans les termes indiqués l'application ne soulèvera pas de difficultés. Il n'y a pas là d'ailleurs véritablement une innovation. L'idée est empruntée aux minières de minerai de fer que notre législation attribue aux propriétaires du sol même en terrains concédés à un autre. Entre ce régime des minières et celui des phosphatières de l'article 9, il y aura deux différences importantes qui feront disparaître pour les phosphatières les difficultés incontestables que soulève la pratique des minières et qui auraient été encore plus grandes pour les phosphatières en territoires arabes ; le cultivateur, même en terrains non amodiés, ne peut se servir des phosphates que pour l'usage immédiat de la culture sur place ; tout trafic lui en est interdit ; ce n'est pas une propriété qui lui est attribuée comme avec la minière ; c'est un simple droit d'usage parfaitement défini et limité.

En terrains explorés ou amodiés, ce droit ne pourra s'exercer que par des travaux exclusivement à ciel ouvert, comme pour la minière située sur l'affleurement d'un gîte de minerai de fer concédé en profondeur. Ce dualisme n'amènera pas de complications, par suite des conditions dans lesquelles l'Administration pourra arrêter la phosphatière du superficiaire, s'il en est besoin, pour assurer l'exploitation de l'amodiataire de l'État.

L'article 10, après l'addition faite à l'article 8, paragraphe 7, pour les voies extérieures, pouvait se borner à garder les servitudes d'aérage et d'écoulement d'eaux, en en réglant les détails avec plus de précision que ne le faisait l'article 12 du décret du 12 octobre 1895.

L'article 11 est un simple article d'ordre qui reproduit la partie utile de l'article 15 du décret du 12 octobre 1895. On aurait pu à la rigueur se dispenser de cette reproduction puisqu'au fond l'article ne stipule d'obligations que pour l'Administration supérieure; mais à ce titre il reste utile.

Dès l'instant que le droit d'extraction établi par l'article 12 ne doit pas être perçu sur les phosphates consommés en France ou en Algérie, on pouvait, sans inconvénient, relever ce droit de 0,50 *f* à 2 *f* et ce taux n'a rien d'exagéré avec les bénéfices qui peuvent être réalisés dans ces exploitations.

Nous avons déjà expliqué les motifs généraux qui doivent conduire l'État à la dévolution faite par l'article 13 d'une partie des redevances résultant des adjudications pour les terrains autres que les terrains domaniaux. Il n'a pas paru, d'autre part, que l'on pût régir différemment les diverses sortes de terrains. Ils sont tous traités également sous réserve de la question de savoir quel sera l'attributaire définitif de la redevance suivant la nature juridique des terres ; le propriétaire dans les terrains soit de droit français, soit melk ; le détenteur dans les terres arch. Le règlement d'administration publique prévu à l'article 16 réglera le mode d'attribution d'après le principe relativement simple de la loi, pratiqué notamment en Belgique pour les redevances tréfoncières de mines, à savoir la répartition au prorata des surfaces, au lieu du système d'attribution faite par l'article 11 du décret à chaque propriétaire sous les terrains duquel on eût exploité ; on aurait été conduit ainsi à des difficultés inextricables.

Nous avons précédemment expliqué toute l'importance de l'article 14 qui était nécessaire pour achever de définir le caractère juridique de ces exploitations, de ces carrières domaniales d'une espèce particulière.

L'article 15 s'explique de lui-même. La loi ne pouvait tout régler sans descendre dans des détails qui auraient retardé sa promulgation et obscurci ses principes.

Il nous a paru inutile de dire explicitement dans la loi que le décret du 12 octobre 1895 était abrogé ; cela va de soi.

Projet de Loi.

Le Président de la République française

Décrète :

Le projet de loi dont la teneur suit sera présenté à la Chambre des députés par le Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur, les Ministres des Finances, des Travaux publics, de l'Agriculture qui sont chargés d'en exposer les motifs et d'en soutenir la discussion.

ARTICLE PREMIER. — La recherche et l'exploitation des phosphates de chaux en couches, situés en Algérie, seront soumises aux règles suivantes.

ART. 2. — Des recherches peuvent être autorisées pour une durée de un an par arrêté du Gouverneur général rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines.

L'autorisation assure à son titulaire le droit exclusif de faire des recherches dans les limites qu'elle indique.

Ce droit ne peut être cédé qu'avec l'assentiment du Gouverneur général.

L'autorisation peut être renouvelée.

Tout travail d'exploitation est interdit à peine de retrait immédiat de l'autorisation.

Le requérant doit fournir, avec sa demande, pour la région dans laquelle il veut explorer, un plan en double expédition, qui permette d'y inscrire les limites du périmètre.

L'autorisation est annulée de plein droit si une amodiation est consentie sur les terrains pour lesquels elle a été accordée.

L'explorateur doit s'entendre avec les intéressés pour l'occupation, à l'intérieur de son périmètre, des terrains nécessaires à l'exécution de ses travaux ; à défaut, il ne peut les occuper qu'après une autorisation donnée par le Préfet, sur l'avis des Ingénieurs des Mines, et après payement d'une indemnité aux intéressés, réglée à l'amiable ou à défaut par l'autorité judiciaire.

ART. 3. — L'exploitation ne peut avoir lieu qu'en vertu d'amodiations consenties par l'État à la suite d'adjudications, sauf dans le cas prévu à l'article 6.

Art. 4. — L'adjudication porte sur la redevance à payer par tonne de phosphate extraite.

Elle a lieu sur soumissions cachetées.

Les concurrents doivent, un mois à l'avance, justifier de leurs facultés.

La liste des concurrents est arrêtée par le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

L'adjudication n'est définitive qu'après approbation du Gouverneur général.

Art. 5. — Les adjudications sont préparées par l'Administration des domaines avec le concours du service des mines.

Les lots à adjuger doivent être abornés avant l'adjudication, partout où cela sera reconnu nécessaire.

Un plan du lot doit être remis à l'amodiataire lors de l'approbation de l'adjudication ; un double reste entre les mains de l'Administration.

Art. 6. — Un décret rendu en la forme des règlements d'administration publique, sur le rapport des Ministres de l'Intérieur et des Travaux publics, après avis du Conseil général des Mines, peut accorder, à titre exceptionnel et pour une durée qui ne pourra excéder dix années, sans adjudication nouvelle une prorogation de l'amodiation à l'amodiataire dont le bail serait sur le point d'expirer.

Ce décret fixe la redevance à payer par tonne pendant cette prorogation.

Art. 7. — Le cahier des charges relatif à toute amodiation ou prorogation d'amodiation fixe :

1° Les limites entre lesquelles le droit d'exploiter est accordé ;

2° La durée de l'amodiation ;

3° L'extraction minimum à laquelle l'amodiataire sera astreint dans les périodes successives de son amodiation ;

4° Les installations, travaux ou ouvrages que l'amodiataire devra exécuter en cours d'amodiation ou laisser à la fin de l'amodiation.

Art. 8. — Tout amodiataire doit exploiter suivant les règles de l'art en évitant les travaux susceptibles d'être une cause de gaspillage du gîte dans le présent ou de ruine dans l'avenir. Il est

soumis à cet effet et dans ce but à la surveillance et au contrôle des Ingénieurs des Mines, le tout à peine d'annulation de l'amodiation, laquelle sera prononcée par l'autorité judiciaire et sans préjudice des dispositions de police administrative sur l'exploitation des carrières.

Aucun amodiataire ne peut céder son droit qu'avec l'autorisation du Gouverneur général en Conseil de Gouvernement et en restant responsable de son cessionnaire vis-à-vis de l'État.

L'amodiataire est responsable au regard de tous intéressés de tous les dommages produits par ses travaux.

L'amodiation sera résiliée de plein droit, sans autre mise en demeure, pour retard de plus de six mois dans le payement de la redevance prévue à l'article 4 ou 6, ou pour inobservation de la clause de l'extraction minimum, à moins de dispense obtenue au préalable du Gouverneur général, le tout sous les recours de droit en faveur de l'amodiataire.

L'État ne donne aucune garantie en ce qui concerne les ressources du gîte et ne peut encourir aucune responsabilité de ce chef, pas plus que pour erreur dans la contenance superficielle, à moins que cette erreur ne soit de plus d'un dixième.

L'amodiataire aura le droit d'occuper dans l'intérieur de son périmètre les terrains reconnus nécessaires à son exploitation par un arrêté du Préfet, rendu après avis des Ingénieurs des Mines, moyennant le payement aux intéressés d'une indemnité réglée à l'amiable ou à défaut par l'autorité judiciaire.

Il pourra établir à l'extérieur de son périmètre des routes ou voies ferrées de toute nature, nécessaires à son exploitation, qui auraient été déclarées d'utilité publique.

En fin d'amodiation, il n'est dû par l'État aucune indemnité pour les ouvrages souterrains faits par l'amodiataire. L'État aura la faculté de reprendre, à dire d'experts, les autres installations fixes ou établies à demeure par l'amodiataire, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du périmètre qui lui a été attribué, l'amodiataire pouvant toujours disposer des approvisionnements, de l'outillage et du matériel mobile lui appartenant.

Art. 9. — Tout cultivateur conserve le droit d'utiliser, sur place, pour la culture, les amendements phosphatés provenant des terres pour lesquelles il a le droit de fouille et qui ne sont pas comprises dans un périmètre de recherche ou d'amodiation.

A l'intérieur des périmètres de recherche ou d'amodiation il

ne pourra être fait, dans le but et sous les réserves indiqués au paragraphe précédent, que des fouilles à ciel ouvert qui pourront même être interdites, sans indemnité, par arrêté du Préfet, rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines, s'il était reconnu qu'elles dussent nuire à l'exploitation industrielle, présente ou future, d'un gite de phosphate.

Art. 10. — Il existera entre carrières voisines de phosphates de chaux en couches, une servitude réciproque pour l'établissement des puits et galeries nécessaires soit pour l'aérage, soit pour l'écoulement des eaux.

En cas de contestations entre les intéressés pour l'exercice de cette servitude, il est statué par le préfet, après avis des Ingénieurs des Mines, sur l'établissement des ouvrages reconnus nécessaires.

Les indemnités, s'il y a lieu, seront réglées par l'autorité judiciaire.

Art. 11. — Il ne pourra être accordé ni autorisation de recherche, ni amodiation en vertu de la présente loi dans les territoires non encore soumis aux opérations du sénatus-consulte du 22 avril 1863.

Art. 12. — En dehors de la redevance qui fait l'objet de l'adjudication visée en l'article 4, il est établi un droit d'extraction de 2 francs par tonne de phosphate expédiée.

Seront affranchis de ce droit les phosphates effectivement consommés en Algérie et dans la Métropole.

Art. 13. — Le total des redevances effectivement payées en vertu des articles 4 ou 6 reviendra pour une moitié à l'État et pour l'autre moitié aux propriétaires ou aux détenteurs des terrains compris dans le périmètre de l'amodiation au prorata des surfaces desdits terrains.

Art. 14. — Les lois qui régissent les carrières sont applicables aux exploitations de phosphate de chaux en couches, en tout ce qui n'est pas contraire à la présente loi.

Art. 15. — Des règlements d'administration publique fixeront les détails d'application de la présente loi, notamment en ce qui concerne le mode d'imposition et de recouvrement du droit

prévu à l'article 12 et la répartition des redevances prévues à l'article 13.

Fait à Paris, le 18 janvier 1896.

Le Président de la République française,
Signé : FÉLIX FAURE.

Par le Président de la République :

Le Président du Conseil,
Ministre de l'Intérieur,
Signé : LÉON BOURGEOIS.

Le Ministre des Finances,
Signé : PAUL DOUMER.

Le Ministre des Travaux publics,
Signé : GUYOT-DESSAIGNE.

Le Ministre de l'Agriculture,
Signé : VIGER.

Annexe au projet de loi.

Décret du 12 octobre 1895.

Le Président de la République française,
Sur le rapport des Ministres des Travaux publics, de l'Intérieur et des Finances;
Vu la loi du 24 avril 1833, article 25;
Vu l'ordonnance du 22 juillet 1834, article 4;

Décrète :

TITRE PREMIER.

Exploitation des phosphates dans les terrains domaniaux.

ARTICLE PREMIER. — L'exploitation des phosphates de chaux dans les terrains domaniaux a lieu en vertu d'amodiations passées par voie d'adjudication publique, dans les conditions prévues au présent titre.

ART. 2. — Le cahier des charges relatif à chaque amodiation fixe :

1° Les limites entre lesquelles le droit d'exploiter est accordé;
2° La durée de l'amodiation;
3° L'extraction minimum à laquelle l'amodiataire sera astreint dans les périodes successives de son amodiation;

4° Les installations, travaux ou ouvrages que l'amodiaire devra exécuter en cours d'amodiation ou laisser à la fin de l'amodiation.

Le Cahier des charges rappelle :

1° Que l'amodiataire doit exploiter suivant les règles de l'art, en évitant les travaux susceptibles d'être une cause de gaspillage du gîte dans le présent ou de ruine dans l'avenir;

Que l'amodiataire doit être soumis, à cet effet et dans ce but, à la surveillance et au contrôle des Ingénieurs des Mines, agissant au nom et pour le compte du Domaine;

Le tout à peine d'annulation de l'amodiation, que le Domaine pourra provoquer de l'autorité judiciaire;

2° Que l'amodiataire ne peut céder son droit qu'avec l'autorisation du Gouverneur général et en restant responsable de son cessionnaire vis-à-vis du Domaine;

3° Que l'amodiataire reste responsable de tous les dommages produits à la surface par ses travaux, soit au regard de l'État, pour la propriété, soit, pour la jouissance, au regard de ceux qui la détiennent à un titre quelconque;

4° Que l'amodiation sera résolue de plein droit, sans autre mise en demeure, pour retard de plus de six mois dans le payement de la redevance prévue à l'article 3, ou pour inobservation de la clause de l'extraction minimum, à moins de dispense obtenue au préalable du Gouverneur général, le tout sous les recours de droit en faveur de l'amodiataire;

5° Que l'État ne donne aucune garantie en ce qui concerne les ressources du gîte et ne peut encourir aucune responsabilité de ce chef, pas plus que pour erreur dans la contenance;

6° Que l'amodiataire aura le droit d'occuper les terrains domaniaux reconnus par l'Administration nécessaires à son exploitation, moyennant le payement d'une indemnité à l'amiable ou à défaut par experts;

7° Qu'en fin d'amodiation, il n'est dû aucune indemnité pour les ouvrages souterrains faits par l'amodiataire; que le Domaine aura la faculté de reprendre, à dire d'experts, les autres installations fixes ou établies à demeure par l'amodiataire, sur les terrains domaniaux, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du périmètre qui lui a été attribué, l'amodiataire pouvant toujours disposer des approvisionnements, de l'outillage et du matériel mobile lui appartenant.

Art. 3. — L'adjudication porte sur la redevance à payer par tonne de phosphate expédiée.

Elle a lieu sur soumissions cachetées.

Les concurrents devront, un mois à l'avance, justifier de leurs facultés.

La liste des concurrents est arrêtée par le Gouverneur général en Conseil du Gouvernement.

L'adjudication n'est définitive qu'après approbation du Gouverneur général.

Art. 4. — Les adjudications sont préparées par l'Administration des Domaines, avec le concours du service des Mines.

Les lots à adjuger devront être abornés avant l'adjudication, partout où cela sera nécessaire.

Un plan du lot doit être remis à l'amodiataire, lors de l'approbation de l'adjudication ; un double reste entre les mains de l'Administration.

Art. 5. — Le Gouverneur général, en Conseil de Gouvernement, peut consentir, sans adjudication, une prorogation d'amodiation à l'amodiataire, dont le bail va expirer.

La redevance à payer par tonne pendant cette prorogation est fixée par le Gouverneur général en Conseil de Gouvernement.

Un nouveau cahier des charges est dressé dans les conditions stipulées à l'article précédent.

Art. 6. — Dans les terrains domaniaux non encore amodiés, des recherches pourront être autorisées pour une durée d'un an par arrêté du Gouverneur général, rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines, l'Administration des Domaines entendue.

L'autorisation assure à son titulaire le droit exclusif de faire des recherches dans les limites qu'elle indique.

Ce droit ne pourra être cédé qu'avec l'assentiment du Gouverneur général.

L'autorisation pourra être renouvelée.

Le requérant devra fournir, avec sa demande, pour la région dans laquelle il veut explorer, un plan en double expédition, qui permettra d'y inscrire les limites du périmètre.

L'autorisation est annulée de plein droit, si une amodiation est consentie sur les terrains pour lesquels elle a été accordée.

Art. 7. — Le Gouverneur général en Conseil du Gouvernement peut, sur la proposition des Ingénieurs des Mines, accorder

une amodiation sans adjudication, en faveur de tout explorateur dûment autorisé, dont les travaux de recherche auraient établi l'existence d'un gîte exploitable en dehors des régions connues.

L'acte d'amodiation fixe, en ce cas, la redevance à payer par tonne expédiée.

Le cahier des charges est rédigé suivant les indications de l'article 2.

Le lot est aborné et le plan est dressé comme il est dit à l'article 4.

Titre II.

Exploitation des phosphates dans les terrains des départements et des communes.

Art. 8. — Les départements et les communes, pour les terrains dont ils ont la disposition et l'administration au titre français, ne pourront céder le droit d'exploiter les phosphates que par adjudications publiques portant sur une redevance à payer par tonne expédiée.

Les amodiations et les cahiers des charges, pour les terrains que les départements et communes voudront mettre en adjudication, seront préparés par les Ingénieurs des Mines.

Les adjudications ne seront définitives qu'après approbation du Gouverneur général en Conseil du Gouvernement.

Les Ingénieurs et agents du service des Mines seront chargés de la surveillance des exploitations départementales et communales, en vue d'éviter leur gaspillage ou leur ruine par les amodiataires.

Des remises seront faites au personnel du service des Mines par les départements et les communes, pour le concours que ledit personnel aura à prêter d'après le présent article. Le taux de ces remises sera fixé par un arrêté du Gouverneur général.

Art. 9. — Le département ou la commune peut consentir, sans adjudication, une prorogation d'amodiation à l'amodiataire dont le bail va expirer.

La redevance à payer par tonne pendant cette prorogation est fixée par le Conseil général ou le Conseil municipal.

Un nouveau cahier des charges est dressé dans les conditions stipulées à l'article précédent.

La prorogation ne peut produire effet qu'avec l'approbation du Gouverneur général en Conseil du Gouvernement.

Titre III.

Exploitation des phosphates dans les terrains communaux de douars et dans les terrains relevant du droit musulman.

Art. 10. — La recherche et l'exploitation des phosphates dans les terrains communaux appartenant aux douars, ont lieu comme il est stipulé pour les terrains domaniaux aux articles 1 à 7.

La redevance à payer par l'adjudicataire est payée par moitié entre le douar et l'État.

Le personnel du service des Mines recevra des indemnités à la charge des douars, pour le concours qui lui est imparti aux termes du présent article. Le taux de ces indemnités sera réglé par arrêté du Gouverneur général.

Un arrêté du Préfet, rendu sur l'avis des Ingénieurs des Mines, peut autoriser l'amodiataire, à charge d'une indemnité qu'il payera au douar, à occuper, à l'intérieur ou à l'extérieur de son lot, les terrains communaux de douars qui seraient reconnus nécessaires à l'exploitation.

Art. 11. — Dans les douars qui, après avis des Ingénieurs des Mines, auront été désignés par le Gouverneur général, en Conseil de Gouvernement, comme contenant des phosphates susceptibles d'être exploités, la recherche et l'exploitation des phosphates, dans les terrains qui relevaient du droit musulman à la date de la promulgation de cet arrêté de désignation, ont lieu comme il est dit à l'article précédent pour les terrains communaux de douars.

Toutefois la redevance à payer par l'amodiataire pour l'extraction, et l'indemnité par lui due pour occupation de surface, reviennent à ceux qui ont la propriété ou la jouissance des terrains fouillés ou occupés.

Les droits acquis au titre français, postérieurement à la promulgation de l'arrêté de désignation, ne peuvent être opposés au droit d'extraction de l'amodiataire pendant la durée de son amodiation; ils peuvent être opposés à son droit d'occupation de la surface.

Titre IV.

Dispositions générales.

Art. 12. — Il existera, entre carrières voisines de phosphates, à quelque titre qu'elles existent ou soient entreprises, une servi-

tude réciproque de desserte, pour permettre à un exploitant enclavé de jouir, en traversant la carrière voisine, de voies souterraines pour l'aérage, l'épuisement ou le sortage des produits, ladite servitude se combinant, s'il y a lieu, avec celle de l'article 682 du Code civil.

ART. 13. — Il ne pourra être accordé ni autorisation de recherche, ni amodiation, en vertu du présent décret, dans les territoires non encore soumis aux opérations du Sénatus-Consulte du 22 avril 1863.

Des désignations pourront être faites dans ces territoires suivant les formes et pour l'objet prévus à l'article 11; elles produiront les mêmes effets à partir de la date de leur promulgation.

ART. 14. — Il sera perçu un droit de 0,50 *f* par tonne de phosphate, marchand et prêt pour la vente, qui aura été extrait en Algérie.

Ce droit ne sera pas perçu sur les phosphates employés dans l'Algérie.

ART. 15. — Le Gouverneur général édictera, en Conseil de Gouvernement, les arrêtés nécessaires pour l'exécution du présent règlement.

ART. 16. — Les Ministres des Travaux publics, de l'Intérieur et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des Lois* et au *Bulletin officiel* du Gouvernement général de l'Algérie et publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 12 octobre 1895.

Signé : FÉLIX FAURE

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,
Signé : DUPUY-DUTEMPS.

Le Président du Conseil, Ministre des Finances,
Signé : RIBOT.

Le Ministre de l'Intérieur,
Signé : LEYGUES.

TABLE DES MATIÈRES

TEXTE

CHAPITRE PREMIER

Historique de la découverte des phosphates sédimentaires sur les hauts plateaux algériens 193
Constitution géologique 194
Nature des phosphates. 196
Théorie sur la formation des phosphates 197

CHAPITRE II.

Description des gisements 200
Groupe du cercle de Tébessa et de la frontière tuniso-algérienne. 200
Groupe de l'arrondissement de Guelma 219
Groupe des environs d'Aïne-Beïda et d'El-Guerrah 223
Groupe de la région de Sétif et de Bordj-bou-Arrerridj 232
Gisements de phosphate de la province d'Alger (Sidi-Aïssa, Boghari, Birin). . . . 250

CHAPITRE III.

Considérations sur les gisements de phosphate de chaux sédimentaires en Algérie . . 260
Prix de revient. 264
Exportation des phosphates d'Algérie. 267
Le marché des phosphates dans le monde. 269
L'avenir de l'industrie des phosphates en Algérie 280
Législation régissant l'exploitation des phosphates de chaux en Algérie. 283

ANNEXES

1° Statistique des frets pour phosphate expédié d'Algérie et de Floride 290
2° Cours du phosphate, en avril 1897. 292
3° Projet de loi sur l'exploitation des phosphates en Algérie. 294
Décret présidentiel du 12 octobre 1895 384

CHRONIQUE

N° 212.

SOMMAIRE. — Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. — Histoire de l'éclairage artificiel. — Le système métrique en Angleterre. — L'encre de Chine. — Pont mobile à tirage. — Transport maritime des minerais de fer.

Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. — Notre collègue, M. G.-R. Henderson, dont nous avons eu récemment occasion d'analyser un remarquable travail sur l'efficacité du tiroir à canal, a bien voulu envoyer à notre Société un exemplaire d'un rapport adressé par une Commission dont il faisait partie, à l'Association américaine des « Master Mechanics » qui sont, comme on sait, les Ingénieurs du matériel et de la traction aux États-Unis, sur les relations qui existent ou doivent exister entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. Cette Commission était composée de MM. G.-R. Henderson, A.-S. Vogt, R. Wells, S.-M. Vauclain, C.-J. Mellin, tous Ingénieurs ou constructeurs d'une compétence universellement reconnue.

Il y a déjà longtemps qu'on a cherché à formuler des relations simples entre les éléments de la puissance des locomotives, et c'est, croyons-nous, Le Chatelier qui a proposé, il y a déjà bien longtemps (1), l'expression $d^2 l = S$, dans laquelle si d et l sont le diamètre du cylindre et la course du piston exprimée en décimètres, S donne la surface de chauffe exprimée en mètres carrés.

Ainsi, par exemple, une locomotive ayant des cylindres de 0,42 m de diamètre et 0,60 m de course, aura une surface de chauffe de 106 m^2, une autre, avec 0,45 m et 0,65 m aura une surface de chauffe de 131 m^2.

Ces modules, comme on les a appelés, rendaient assez bien compte des relations adoptées à une époque où toutes les locomotives fonctionnaient dans des conditions sensiblement identiques, et brûlaient le même combustible, du coke; mais ils n'ont rien d'absolu, comme le déclarait lui-même Le Chatelier, et ils ont le grave inconvénient de ne tenir aucun compte des variations qui peuvent exister dans les éléments constitutifs de la surface de chauffe, dans l'intensité du tirage et par suite de la combustion par mètre carré de grille, le combustible, etc., aussi ne les emploie-t-on plus depuis longtemps. On préfère calculer d'une manière rationnelle les éléments des locomotives d'après les

(1) Voir *Société des Ingénieurs Civils*, séance du 5 mars 1852.

données acquises par la pratique ou, dans certains cas, par des expériences spéciales.

Le rapport dont nous nous occupons débute en exposant que la Commission a été chargée de rechercher les rapports convenables pour les diverses natures de combustibles entre les éléments indiqués ci-dessus. Le temps et les moyens lui manquant pour faire des expériences spéciales sur divers points de la question, elle a dû se borner à faire une enquête auprès des chemins de fer des État-Unis et de l'Europe, pour réunir des bases de comparaison. Cette enquête a, malheureusement, fourni assez peu de résultats et la Commission a dû, en grande partie, s'en tenir à ses propres éléments d'information.

Le principe de son travail consiste à déduire des rapports rationnels de l'étude approfondie du fonctionnement des locomotives et à comparer ces rapports avec ceux qu'on observe dans la pratique. Nous croyons devoir reproduire, avec détails, les calculs contenus dans ce rapport parce qu'ils nous donnent une idée des méthodes employées aux États-Unis, lesquelles diffèrent sur plusieurs points de celles qui sont en usage en Europe. On remarquera, à l'occasion, et une fois de plus, quelle énorme facilité donne l'emploi des mesures métriques comparativement aux calculs compliqués nécessaires avec les mesures anglaises.

Les points à déterminer sont :

1° L'effort nécessaire pour déplacer un train d'un poids donné à diverses vitesses et accélérations sur des profils diversement variés dans le sens vertical (rampes) et dans le sens horizontal (courbes) ;

2° Le rapport de la pression moyenne effective aux cylindres à la pression initiale pour les différents taux de vitesse, d'admission et de longueurs de lumières ;

3° Le rapport de la pression au moment de la fermeture à la pression initiale pour les différents taux de vitesse et d'admission ;

4° Le pouvoir de vaporisation des divers combustibles à divers taux de combustion par mètre carré de surface de chauffe ;

5° Le même élément à divers taux de combustion par mètre carré de surface de grille.

Ces diverses questions étant élucidées, il deviendra facile de calculer les éléments de la puissance d'une locomotive devant effectuer un travail déterminé :

1° *Résistance des trains.* — La première partie est la résistance en palier affectée seulement par la vitesse.

La Commission adopte une formule qui parait avoir été établie en 1892 par M. Angus Sinclair, à la suite d'expériences sur des trains réguliers et rapides faites sur le New-York Central and Hudson River R.-R ; elle est très simple, mais donne des résultats un peu trop faibles aux vitesses inférieures à 50 *km.* Cette formule 0,25 V + 2 exprimée en livres anglaises et milles anglais, donne la résistance par tonne de 2 000 livres. Elle correspond très sensiblement par les mesures métriques à la formule 0,91 + 0,07 V.

On remarquera qu'elle ne contient pas V au carré, bien qu'applicable

aux grandes vitesses. Elle se rapproche, comme forme, de l'expression donnée par M. Desdouits, Ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État, pour les vitesses comprises entre 30 et 100 *km* ; 1,5 + 0,04 V. Ces deux formules donnent les résultats suivants pour les diverses vitesses comprises dans ces limites.

Vitesses en kilomètres. .	30	45	60	75	90	100
Formule américaine. . .	3,3	4,0	5,1	6,1	7,2	7,9
— Desdouits . . .	2,7	3,3	3,9	4,5	5,1	6,5

On voit que la formule américaine donne des résultats beaucoup plus élevés que la formule de M. Desdouits ; ceux de cette dernière paraissent, en effet, trés réduits et nos collègues MM. Deharme et Pulin, dans leur excellent ouvrage sur le *Matériel roulant, résistance des trains, traction*, disent, page 127, que « les coefficients fournis par cette formule ne doivent être employés que si les circonstances sont très favorables à la réduction des résistances ».

Le rapport de la Commission ajoute que l'effort au démarrage est d'environ 20 livres par tonne, mais que cet effort tombe à 5 dès que le train se met en mouvement à une faible vitesse ; ces chiffres correspondent, en mesures métriques, à 10 et 2,5 *kg*.

Pour les rampes, la Commission emploie la valeur 0,38 M, M étant la rampe en pieds par mille. Si on suppose une rampe de 52,7 pieds par mille, qui équivaut pour nous à une rampe de 10 0/00, la résistance est de $0{,}38 \times 52{,}72 = 20{,}03$ livres ou 9,075 *kg* par tonne de 2 000 livres et 9,98 *kg* par tonne métrique, chiffre dont la différence avec les 10 *kg* qu'on aurait en comptant 1 *kg* par millième de rampe, s'explique par les décimales négligées dans le calcul avec les mesures anglaises. C'est surtout ici que se place l'observation que nous avons présentée plus haut au sujet de la grande facilité que donne l'usage des mesures métriques.

Pour la résistance en courbes, la Commission prend le chiffre généralement employé aux États-Unis, de 0,7 livre par degré pour les voitures, et de 1,4 livre par degré pour les locomotives, à cause de la plus grande base rigide de celles-ci. On sait qu'aux États-Unis on mesure les courbes par degrés, la courbe de 1° équivalant au rayon de 5 730 pieds, celle de 10°, au rayon de 573 pieds ou à très peu près 175 *m*. La résistance de 1,4 livres par degré correspond à 6,2 *kg* pour 175 *m* par tonne de 2 000 livres et très approximativement 7 *kg* par tonne métrique, ou 11,55 pour R = 100 *m*, ce qui donne la relation $\frac{1\,155}{R}$. Pour le train, on aurait la moitié, soit $\frac{577}{R}$.

M. Desdouits a proposé la formule $\frac{500e}{R}$ applicable à la résistance par tonne d'un train entier, locomotive et tender compris, dans laquelle *e* est la largeur de la voie. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les valeurs obtenues pour divers rayons avec les deux formules :

Rayons	Formule Desdouits.	Formule américaine. Locomotive.	Train.
1 000 *m*	0,72 *kg*	1,15 *kg*	0,57 *kg*
750	1,08	1,72	0,86
500	1,44	2,30	1,15
300	2,41	3,85	1,92
200	3,60	5,75	2,85
100	7,20	11,50	5,70

On voit que les chiffres donnés par la formule française sont intermédiaires entre les chiffres résultant de la formule américaine, de sorte qu'on doit avoir des résultats assez concordants pour la résistance des trains complets.

Il est intéressant de considérer la résistance due à l'accélération du train, c'est-à-dire l'effort à dépenser pour amener ce train du repos à une vitesse donnée dans un temps donné. Par des calculs dont nous croyons inutile de donner le développement, le rapport arrive à l'expression 0,0126 V^2. Mais cette expression ne correspond qu'au mouvement de translation du train. Il faut encore tenir compte de l'inertie des essieux et roues dans leur mouvement de rotation. En comptant un véhicule à 60 000 livres ou 27 200 *kg*, lequel est monté sur quatre essieux, chaque essieu monté pesant 1 850 livres ou 840 *kg*, on trouve que l'inertie représente pour les quatre essieux 2 816 livres ou 1 275 *kg*, ce qui, rapporté au poids du véhicule, fait 0,047 de ce poids, soit 5 0/0 en nombre rond. L'expression de la résistance provenant de ce chef devient donc 0,0126 $V^2 \times 1{,}05 = 0{,}0132\ V^2$. Si on la transforme en mesures métriques, on obtient l'expression 0,031 V^2.

La même formule servirait à évaluer l'effort nécessité par les accroissements de vitesse en substituant à V^2 la différence des carrés des vitesses $V_2^2 - V_1^2$. On pourrait inversement obtenir l'effort supplémentaire que peut fournir la réduction de vitesse, dans le cas, par exemple, où on lance un train pour aborder une rampe.

Il n'est pas inutile de faire remarquer, en passant, à quel effort supplémentaire considérable correspond l'obtention d'une vitesse élevée dans un temps réduit ou, ce qui revient au même, sur un faible parcours; ainsi, pour atteindre une vitesse de 50 *km* au bout d'une distance de 1 *km*, l'effort, en plus de celui qui correspond à la résistance en palier, ressort, d'après la formule donnée plus haut, à $0{,}031 \times \overline{50^2} = 7{,}75$ *kg* par tonne, soit le même que celui qu'exigerait la présence d'un rampe de 7,75 0/00. C'est précisément la difficulté, sinon de réaliser cet effort, mais de trouver l'adhérence qui lui correspond, qui explique pourquoi les machines à roues libres sont peu propres à démarrer rapidement avec des trains un peu chargés et pourquoi on a dû renoncer un peu partout. à leur emploi, à moins de faire porter des charges très élevées à leur essieu moteur.

Nous regrettons de ne pouvoir reproduire les divers diagrammes qui représentent graphiquement la variation des résistances dont nous venons de nous occuper; mais nous pensons qu'il est suffisant pour le

but que nous nous proposons de donner une idée des méthodes de calcul qui ont servi à les déterminer.

Le rapport contient ensuite divers tableaux d'un intérêt secondaire sur lesquels nous ne nous arrêterons pas, par exemple les nombres de tours correspondant aux diverses vitesses avec divers diamètres de roues, les volumes des cylindres de différents diamètres et courses, etc., toutes choses qu'il est extrêmement facile de calculer quand on en a besoin, et dont la transformation en mesures métriques n'aurait aucun intérêt.

Il n'en est pas de même de l'étude de l'effort de traction sur laquelle nous nous arrêterons.

Une première question est celle de la résistance propre des machines. Wellington évalue la résistance du mécanisme (non compris le frottement des essieux correspondant à la charge qu'ils supportent) à 5 à 8 0/0 du travail indiqué. Forsyth (Chicago, Burlington and Quincy R. R.) à 10 0/0. On peut admettre que de 5 à 10, soit 10 0/0 au maximum de l'effort de traction indiqué doivent être déduits de cet effort pour donner l'effort qui servira à déplacer le train et aussi à vaincre la résistance de la machine comme véhicule et celle du tender.

C'est là, en effet, la seule manière rationnelle d'évaluer la résistance du mécanisme des locomotives. Nous avons eu occasion de signaler combien il était illogique de prétendre exprimer cette résistance en kilogrammes par tonne de poids de la machine.

L'effort de traction est représenté par l'expression $p\,\frac{d^2 l}{D}$, dans laquelle d étant le diamètre des cylindres, l la course des pistons et D le diamètre des roues, p est la pression moyenne effective sur les pistons. Cette quantité doit égaler 1,1 du produit du poids du train, machine et tender compris, par les diverses résistances par tonne qu'on a évaluées plus haut.

La pression moyenne effective sur les pistons dépend principalement de deux facteurs, la pression à la chaudière et le taux de l'admission, mais elle dépend aussi de la vitesse du fonctionnement qui fait abaisser la pression au moment de la fermeture à l'admission au-dessous de la pression initiale. De plus, si la pression moyenne effective détermine l'effort de traction, la pression, au moment de la fermeture, exerce une influence importante sur la tendance des roues au patinage à diverses phases de leur révolution. C'est ce qui va être exposé ci-dessous. *(A suivre.)*

Histoire de l'éclairage artificiel. — M. George D. Shepardson a présenté, au mois de décembre dernier, à l'Engineer's Club de Minneapolis (Minn), une communication très intéressante et très développée sur la question de l'éclairage artificiel. La première partie est un essai historique sur le sujet, lequel contient des renseignements assez curieux que nous croyons utile de reproduire au moins en partie.

La question de l'éclairage artificiel est une de celles dont l'importance est assez grande pour pouvoir servir de mesure à l'état de civilisation d'un pays. Le sauvage termine sa journée à la chute du jour, mais l'homme civilisé tient à la prolonger pour le travail ou pour les relations sociales. La question de l'éclairage artificiel a pris, de nos jours, un énorme développement. L'Angleterre, à elle seule, consacre 11 millions

de tonnes de charbon par an à la fabrication du gaz, et les États-Unis exportent annuellement pour plus de 250 millions de francs de pétrole. Le développement si rapide des sciences et des industries électriques a eu en très grande partie pour cause le besoin d'un meilleur éclairage, et l'introduction de la lumière électrique a excité l'émulation des autres systèmes d'éclairage et leur a fait réaliser des progrès sérieux.

L'éclairage artificiel remonte à la plus haute antiquité. Divers passages de la Bible indiquent très nettement l'emploi de chandelles et de lampes. Dans la Genèse, Abraham parle d'une lampe allumée. Des chandelles sont mentionnées dans le Livre de Job. Le tabernacle contenait un chandelier avec sept lampes brûlant de l'huile d'olive pure. Hérodote décrit des lampes égyptiennes dont les mèches plongeaient dans des vases contenant de l'huile d'olive et de l'eau salée. Les Grecs et les Romains se servaient de chandelles de suif et de cire avec des mèches de jonc; leurs lampes primitives étaient faites en terre non vernie, avec un trou pour le passage de la mèche en filasse de lin ou en jonc. Plus tard, ces lampes furent faites en métal, ornementé plus ou moins richement, avec six à douze trous pour les mèches. Homère (1 000 ans avant Jésus-Christ) parle de torches servant à éclairer des marches nocturnes. Les Juifs et les Romains, qui arrêtèrent le Sauveur, portaient des torches et des lanternes (Évangile selon saint Jean). Les Romains se servaient de lanternes avec des vitres en corne. Leurs torches étaient des cordes imprégnées de matières combustibles. Ptolémée construisit un phare à Pharos, sur l'emplacement d'Alexandrie, environ 300 ans avant Jésus-Christ. C'était une tour de 135 *m* de hauteur, au sommet de laquelle on entretenait un feu de bois visible à plus de 40 milles de distance. A une époque reculée, les rues d'Antioche étaient éclairées la nuit, et il en était probablement de même de celles de Rome.

Depuis la chute de l'Empire romain jusque vers la fin du XVIII^e^ siècle, peu de progrès furent réalisés dans l'éclairage. Celui des voies publiques paraît avoir été abandonné jusque vers 1770 (1) où des lanternes, contenant des lampes à huile, furent placées dans plusieurs rues de Paris qui fut la première ville moderne à adopter ce moyen de diminuer le nombre des vols et assassinats nocturnes.

Jusqu'en 1780, les chandelles et les lampes à huile à mèche ronde étaient les seuls moyens d'éclairage employés. En 1783, Léger introduisit l'usage des mèches plates. Mais le plus grand progrès, au point de vue de l'amélioration de la combustion, est dû à Argand, qui, en 1784, créa la mèche annulaire amenant le contact de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la flamme. C'est là une ligne très nette de démarcation entre les éclairages anciens et modernes. En 1803, Carcel produisit sa lampe à mouvement d'horlogerie, élevant l'huile mécaniquement, ce qui permettait l'emploi d'huiles végétales plus denses que celles qui devaient s'élever par simple capillarité. La lampe modérateur de Franchot, en 1836, fut un grand progrès sur tout ce qui avait été fait jusque-là.

(1) Il paraît y avoir là une confusion; le premier éclairage des rues de Paris remonte à 1667, sous l'administration du lieutenant général de police La Reynie; ce fut un de ses successeurs, Lenoir, qui, en 1770, perfectionna et réglementa cet éclairage.

Le pétrole, sous ses différentes formes, a été connu et employé depuis l'antiquité la plus reculée. De temps immémorial il a été employé en Chine dans toutes les localités voisines des sources d'huile. Les ruines de Ninive et de Babylone attestent l'exactitude de la mention contenue dans la Genèse, relativement à l'emploi du bitume comme mortier dans les grands édifices. Le Livre de Job parle de ruisseaux d'huile sortant des rochers. Dans le voisinage de la mer Caspienne, des sources d'huile coulent depuis plus de 2 500 ans. Sur un temple des Parsis, adorateurs du feu, près de Bakou, une flamme a brûlé pendant des siècles sans que personne s'en occupât, cette flamme étant entretenue par le gaz naturel.

Hérodote mentionne (450 ans environ avant Jésus-Christ) qu'on trouvait du bitume à l'état liquide dans les îles Ioniennes. Le bitume était, du reste, un des éléments entrant dans la composition du fameux feu grégeois. Pline et Dioscoride (150 ans avant Jésus-Christ) rapportent qu'à Agrigente, en Sicile, on recueillait avec des roseaux l'huile flottant sur l'eau d'une source, et qu'on l'employait comme combustible dans les lampes et comme liniment pour les cheveux. On recueillait, dans le nord de l'Italie, du pétrole sur la surface de certaines sources depuis 1640. Le gaz naturel était utilisé à Wigan, en Angleterre, en 1667.

Le pétrole a été trouvé en Amérique à une époque très ancienne. Des marques indiscutables font voir que certaines sources d'huile, en Pensylvanie, dans l'Ohio et au Canada, étaient exploitées il y a 500 et même 1 000 ans. La première indication écrite relative à cette question est due à un missionnaire français qui a vu, en juillet 1627, une source d'huile à l'endroit où est actuellement Cuba, dans le comté d'Allegani, Etat de New-York. Les Indiens écumaient la surface d'un large étang et se servaient de l'huile ainsi recueillie comme liniment. Plus tard, on la mit dans le commerce sous le nom d'huile seneca, ou huile de pierre (d'où le nom de pétrole). En 1819, on recueillait de grandes quantités d'huile d'un puits foré, près de Marietta (Ohio), et on s'en servait pour l'éclairage local ; mais son odeur désagréable était un inconvénient sérieux.

La ville de Fredonia, Etat de New-York, fut éclairée au gaz naturel dès 1821, et ce fait excita beaucoup d'intérêt. En 1835, on trouva le gaz naturel près de Gambier (Ohio), et on l'employa pendant plusieurs années à la fabrication du noir de fumée. Mais ce n'est qu'en 1860 que l'industrie du pétrole prit une grande importance aux Etats-Unis. En 1859, le pétrole brut se vendait 100 *f* le baril. L'année suivante, les nouveaux puits forés, dans le nord-ouest de la Pensylvanie, jetèrent 200 000 barils sur le marché et le prix tomba à 50 *f* pour descendre, en avril 1861, à 2,50 *f*.

En juin 1861, le premier puits jaillissant fut percé, il donna 300 barils par jour ; un autre suivit bientôt, donnant 3 000 barils par jour, et le prix de l'huile tomba à 0,50 *f* le baril, mais le fût valait quinze fois le prix de l'huile qu'il pouvait contenir. En moins d'une année, les puits d'Oil-Creek, en Pensylvanie, produisirent 1 500 000 barils, dont on dut laisser perdre plus de la moitié. Certains puits rapportaient à leur propriétaire 75 000 *f* par jour. Depuis 1869, les prix n'ont jamais dépassé 35 *f* le baril, et, depuis 1878, ils sont descendus au-dessous de 10 *f*,

s'abaissant même parfois à moins de 5 *f.* L'exportation du pétrole américain dépasse beaucoup la consommation intérieure. De 1864 à 1890, les exportations ont représenté une valeur totale supérieure à 5 milliards de francs. En 1890, la valeur a été de 250 millions de francs.

En dehors des Etats-Unis, les grands centres de production de l'huile minérale sont la Birmanie et les bords de la mer Caspienne. Dans cette dernière région, l'exploitation ne s'est développée qu'à partir de 1872, après que des Ingénieurs russes eurent été étudier en Amérique les procédés d'extraction. Les gisements des environs de Bakou se développèrent alors très rapidement, et de 1 en 1871 le nombre des puits passait à 400 en 1883. La production de 1885 était déjà de 420 millions de gallons d'huile brute.

Lorsque le pétrole et ses dérivés arrivèrent à un prix assez bas pour pouvoir être employés à l'éclairage ordinaire, on inventa diverses formes de becs. Le bec plat et le bec Argand, déjà employés pour les huiles végétales, furent facilement adaptés à l'éclairage minéral. On connaît les systèmes plus récents et plus puissants qui portent le nom de bec électrique, bec Rochester, etc. De nombreux systèmes sont employés pour l'usage de la gazoline et du naphte, le liquide est vaporisé et ses vapeurs brûlent comme du gaz au moyen de dispositions analogues à celles des becs à gaz. On peut citer, notamment, le bec dans lequel les vapeurs sortent par un trou aussi petit qu'une pointe d'aiguille et rencontrent une plaque courbe qui donne à la flamme une forme aplatie.

Bien que le gaz naturel soit généralement rencontré avec le pétrole, ce n'est qu'en 1882 que son emploi se répandit ; on fora alors de nombreux puits pour le recueillir, dans l'ouest de la Pensylvanie, puis dans l'Etat de New-York, dans l'Ohio, dans la Virginie occidentale et dans l'Indiana. Le gaz a habituellement une pression de 7 à 22 *kg* par centimètre carré et qui s'est élevée, dans un cas, à 53 *kg*. L'emploi du gaz naturel a amené le développement rapide de diverses localités et a révolutionné plusieurs industries par ses avantages économiques et la commodité de son usage. Bien que la pression diminue plus ou moins rapidement dans beaucoup d'endroits, on peut se flatter qu'il y en a encore pour beaucoup d'années. *(A suivre.)*

Le système métrique en Angleterre. — Au Congrès du Génie Civil, tenu au mois de mai dernier par l'Institution of Civil Engineers, une intéressante communication, sur l'emploi des mesures décimales dans la construction des machines, a été faite par le capitaine Sankey. Nous en reproduisons ici ce qui est relatif à l'usage du système métrique dont l'introduction était encore regardée, par beaucoup d'Ingénieurs anglais, comme devant entraîner des difficultés insurmontables.

L'auteur expose que la maison Willans et Robinson, à laquelle il appartient, se sert des mesures métriques pour la construction des machines Willans et des chaudières Niclausse, dont elle s'occupe particulièrement.

L'emploi de ces mesures a été introduit en 1893, et une expérience de quatre années permet de formuler les conclusions suivantes : On n'a éprouvé aucune difficulté pour familiariser les dessinateurs avec l'usage

des mesures métriques. Aucune erreur sérieuse n'a été relevée, attribuable à leur emploi, et des erreurs sans importance ont été en très petit nombre. L'opinion des dessinateurs est unanime en leur faveur, parce qu'ils les trouvent plus faciles à écrire, à vérifier et à lire. Leur emploi n'exige guère que la moitié des chiffres nécessaires auparavant. Prenons, par exemple, 3 pieds 1 3/8 pouce, qui se traduisent en millimètres par 949, ou encore 3 pieds 1 3/32 pouce + 1/64 pouce, qui font en millimètres 942,4 Il est assez rare qu'on ait à employer des fractions avec le millimètre, tandis que c'est continuel avec le pouce.

Sur un dessin le diamètre d'un cylindre sera coté, par exemple, 2 pieds 6 pouces, et en millimètres 770; le corps du piston devra avoir un certain jeu de 1/32 de pouce dans un cas, de 1 *mm* dans l'autre, la cote du piston sera donc, dans l'un, de 2 pieds 5 15/16, et, dans l'autre, de 768 sans aucune fraction. Contrairement à ce qu'on suppose généralement, les proportions sont souvent plus facilement appréciables avec les mesures décimales ; ainsi, le rapport entre 27 et 49 *mm* se voit plus clairement qu'entre 1 1/16 et 1 15/16.

Un point qui a quelque importance est la suppression des indices tels que ceux des pieds et pouces qui peuvent donner lieu à des erreurs graves. Ainsi un cas qui se présente est celui de brides devant s'assembler et représentées avec les pièces auxquelles elles appartiennent sur des dessins différents. Ces brides ont 13 pouces soit 331 *mm*. Sur un des dessins une marque a été mise par erreur après le 1, ce qui donne 1 pied 3 pouces ou 381 *mm*. Une virgule peut être introduite ou supprimée par erreur entre les chiffres exprimés en millimètres, mais la multiplication ou la division par 10 constitue un changement si considérable que l'erreur ne peut passer sans être aperçue.

Dans les dessins métriques on emploie les échelles de $1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{5}$ et $\frac{1}{10}$ et accessoirement $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{50}$. Ces échelles sont largement suffisantes pour tous les besoins.

On n'a pas eu de difficulté pour le traçage en millimètres. Au début, naturellement, les ouvriers regrettaient leurs mesures habituelles, les nouvelles ne leur donnant pas d'idées de dimensions, mais ils s'y sont fait rapidement et les trouvent maintenant beaucoup plus faciles à lire.

L'atelier où on a eu le plus de difficulté à opérer le changement est nécessairement celui où on fait les outils et les calibres, mais cela a été plus rapidement qu'on ne pensait.

Dans l'opinion du directeur, les mesures métriques sont surtout commodes là ou on prend des mesures avec des règles divisées et non avec des jauges ou calibres. L'emploi de la règle divisée en fractions du mètre est bien plus facile que celui des règles divisées en mesures anglaises.

Il est intéressant de signaler que, dans la discussion qui a suivi la communication de M. Sankey, bien que quelques orateurs aient signalé les difficultés de diverse nature qui s'opposaient au changement de mesures, ce changement n'a pas été, en général, regardé comme une calamité industrielle devant entrainer des ruines et des désastres, comme on le disait il y a encore peu de temps. Tout au plus quelques-uns ont

ils soutenu l'emploi du pouce avec division décimale, ce qui est déjà une large concession. Mais le meilleur symptôme, croyons-nous, en faveur d'une prochaine accession de la Grande-Bretagne au système métrique est la découverte faite par un savant dont nous ne nous remémorons pas le nom et qui a été rappelée au congrès par M. A. Siemens, savoir que le système métrique était dû à James Watt qui l'avait proposé avant 1789. Dès lors, le plus grand obstacle à son adoption par nos voisins, son origine continentale, semble avoir disparu.

L'encre de Chine. — Un rapport commercial de M. Fraser, consul de la Grande-Bretagne à Wuku, sur le Yang-Tszé, contient d'intéressants détails sur la fabrication de l'encre de Chine qui paraît concentrée dans une localité appelée Anhui qui en fournit la Chine et le monde entier. Il en a été exporté par Shangaï en 1895, environ 2 *t* représentant une valeur de 14000 *f*. On emploie de l'huile de sésame ou de colza ou une huile extraite des graines vénéneuses d'une plante qui est largement cultivée dans la vallée du Yang-Tszé et qui est aussi très connue au Japon. L'huile est mêlée à de la graisse de porc et à du vernis et sa combustion donne du noir de lampe qui est classé par différents degrés de finesse. Ce noir est aggloméré avec une matière agglutinante de manière à former une pâte qui est battue sur des billots de bois avec des marteaux d'acier. Deux bons ouvriers peuvent préparer par jour 80 morceaux pesant chacun environ une demi-livre anglaise.

On incorpore à la pâte une certaine proportion de musc ou de camphre de Bacoos pour lui donner du parfum et aussi des feuilles d'or qui donnent un reflet métallique.

La pâte ainsi préparée est façonnée dans des moules en bois sculpté, desséchée ce qui demande environ vingt jours par beau temps et décorée de caractères chinois dorés. Il y a de trente à trente-deux bâtons de dimension moyenne à la livre. Les prix varient de 2,50 *f* et même moins à 175 *f* la livre suivant les qualités qui sont au nombre de plus d'une douzaine.

On se sert uniquement d'encre de Chine pour l'écriture, en Chine, au Japon, en Corée, au Tonkin, dans l'Annam; cette encre est délayée par frottement sur une plaque de pierre ou de marbre et on trace les caractères avec un pinceau de poils de martre, de renard ou de lapin, à manche de bambou qu'on conserve avec soin dans un étui de cuivre. Les qualités supérieures d'encre sont consommées en Chine et ne sont pas livrées à l'exportation.

Il ne semble pas que, sauf peut-être en ce qui concerne la manipulation de la pâte, les renseignements qui précèdent apprennent grand chose de plus sur la fabrication de l'encre de Chine que ce qui a été publié jusqu'ici sur la question, néanmoins nous avons cru devoir les reproduire à titre de documents.

Pont mobile à tirage. — Nous trouvons dans un récent numéro du journal *Engineering*, la description d'un pont mobile d'une disposition nouvelle.

Ce pont est établi sur la rivière Dee, à Queensferry, à peu de distance

de Chester. Le nom de la localité indique qu'il y avait, ou avait eu, à cet endroit un bac. L'établissement d'un pont présentait une grande utilité pour faciliter les communications entre Liverpool et le nord du pays de Galles et, d'autre part, la navigation qui existe, bien qu'assez peu active, dans cette partie de la Dee, obligeait à faire le pont mobile pour laisser passage aux navires. On a adopté la disposition, assez rare, d'un pont se déplaçant horizontalement dans le sens de l'axe.

L'ouvrage se compose de trois travées à poutres métalliques droites; les travées de rives ont 38,60 *m* chacune et la travée centrale 36,60 *m*. Celle-ci est composée de deux parties disposées en encorbellement et se retirant, lorsqu'on veut ouvrir le passage, dans l'intérieur des travées de rive. Mais, pour que cela puisse s'opérer, il faut préalablement que le tablier des parties mobile s'abaisse pour pouvoir rentrer sous les parties fixes. A cet effet, les galets de support roulent sur des chemins courbes et l'abaissement se trouve réglé par des espèces de parallélogrammes. Les garde-corps des parties mobiles s'abaissent également de manière à s'aplatir sur le tablier. Le poids de celui-ci est équilibré par un contre-poids. Nous ne pouvons, ici, qu'indiquer le principe de ces dispositions très ingénieuses sans les décrire.

Le déplacement des travées mobiles s'opère par deux plongeurs hydrauliques horizontaux actionnant un câble en fils d'acier, ces plongeurs ont 0,20 *m* de diamètre et 3,51 *m* de course; un système multiplicateur à poulies permet d'obtenir le déplacement nécessaire pour les travées. Ces plongeurs sont actionnés par de l'eau à la pression de 52 *kg* par centimètre carré, refoulée par des pompes mues par un paire de machines à vapeur verticales; un accumulateur règle la pression.

Une particularité intéressante est celle-ci : La machine motrice et ses accessoires étant établis d'un côté de la rivière, l'eau sous pression doit être envoyée de l'autre côté de celle-ci pour actionner les plongeurs de la travée mobile correspondante. A cet effet, on a disposé un tube de cuivre reposant sur le fond de la rivière; mais les mouvements périodiques dus aux marées modifient incessamment ce fond sur lequel il y a peu de hauteur d'eau, de sorte qu'il est arrivé que le tuyau reposait sur des bosses écartées de 24 à 15 *m* et était supendu dans l'intervalle, aussi se cintrait-il considérablement et, sous l'action de la pression, des fuites ne tardèrent pas à se manifester aux joints. C'était un tube de 37 *mm* de diamètre intérieur avec des joints à vis et écrous. On a, paraît-il, trouvé le remède à cette difficulté par l'emploi d'un tube en plomb sur lequel est enroulé un fil de cuivre; ce tube a assez de flexibilité pour épouser le profil du fond de la rivière et reposer partout sur le sol quelle que soit la forme de celui-ci.

Depuis son ouverture, le pont donne passage à un grand trafic, il est très fréquenté par les vélocipédistes qui vont faire des excursions dans le Pays de Galles. Le lundi de Pâques, il en est passé 630 rien que dans un sens.

Transport maritime des minerais de fer. — L'Allemagne a produit, en 1896, la quantité énorme de 14 millions de *t* de minerais de fer, quantité supérieure de 15 0/0 à la production de l'année

précédente. Mais elle importe aussi des minerais étrangers, notamment des minerais d'Espagne et de Suède. Cette importation s'est beaucoup développée ; ainsi, en 1886, le total se montait seulement à 812 000 *t*, tandis qu'en 1896 il s'est élevé à 2 600 000 *t*. Le transport de ces minerais emploie toute une flotte.

Vers 1880, les bateaux qui allaient charger les minerais à Bilbao ne pouvaient, à cause dup eu de hauteur d'eau sur la barre du Nervion, dépasser un tonnage de 1 800 à 2 000 *tx* ; il fallait souvent attendre plusieurs jours pour trouver assez d'eau. Aujourd'hui, les travaux d'amélioration de l'embouchure du Nervion ont changé cette situation et, avec l'emploi de plus gros navires et d'un service régulier, le fret entre Bilbao et les ports anglais et hollandais est descendu au quart de ce qu'il était avant.

L'importation en Allemagne des minerais de fer de Suède a commencé en 1891 et s'est considérablement développée depuis que les ports de Lulea et d'Oxelosund ont été munis d'installations pour le chargement des minerais dans les navires. Ces navires vont décharger à Rotterdam et les minerais sont transbordés sur des bateaux de rivière qui remontent la Meuse et le Rhin pour livrer leur chargement dans les ports de Westphalie.

Ces navires ont de grandes dimensions; on en peut juger par le dernier modèle que la maison W.-H. Muller et C^ie^, de Rotterdam, vient de faire construire au chantier Ch. Doxford, à Sunderland, et dont le *Stahl und Eisen* donne la description.

Ce navire, qui a reçu le nom de *Maud-Cassel*, appartient au type *à dos de baleine ;* il a 112,80 *m* de longueur, 14,6 *m* de largeur et 8,4 *m* de creux, il peut porter 6 200 *tx* de minerai. Une machine à triple expansion à cylindres de 0,660 — 1,066 et 1,726 de diamètre et 1,066 de course lui donne une vitesse de 10 nœuds. La vapeur, à 11 *kg* de pression, est fournie par deux chaudières tubulaires cylindriques de 4,80 *m* de diamètre et 3,20 *m* de longueur. L'appareil moteur est placé tout à fait à l'arrière, laissant tout le reste d'une seule pièce pour le chargement. Le navire porte six grues à vapeur, placées trois de chaque côté en encorbellement sur le bord, de manière à puiser dans les cales et décharger dans les barques qui accostent le navire. Le pont est percé de larges ouvertures pour le chargement du minerai qui se fait dans les ports suédois par des trémies et des couloirs, comme pour la houille.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juin 1897.

Notice nécrologique sur M. le colonel Pierre, vice-président honoraire du Conseil de la Société d'Encouragement, par M. Ed. Sauvage, membre du Conseil.

Rapport de M. Brüll sur **le taquet d'arrêt automatique de plan incliné** de M. Bruno-Moustier, chef de service aux mines de lignite de la Valdonne.

Cet appareil a pour but d'éviter que, dans un trainage mécanique par chaîne flottante, la rupture de la chaîne ou le décrochage d'un wagonet n'amène des accidents. Le taquet se compose d'un fort butoir en fer à contrepoids mobile autour d'un axe horizontal; un verrou le maintient couché entre les rails, de manière à laisser passer librement les berlines lorsque leur marche est normale, mais, si leur vitesse devient exagérée par une cause accidentelle, le verrou se place verticalement et forme un solide butoir qui arrête les berlines emballées.

Le relèvement du butoir s'effectue d'une manière très ingénieuse, par un bras à galet que les berlines rencontrent en passant. Si elles vont doucement, le verrou qui dégage le butoir n'est pas suffisamment déplacé; ce n'est que si le bras à galet est heurté violemment par une berline animée d'une vitesse exagérée que le verrou est déplacé, et amène le relèvement du taquet.

L'appareil installé à la Valdonne en 1891, a déjà fonctionné une quinzaine de fois en évitant à chacune un accident plus ou moins grave.

Le métier Northrop, par M. Ed. Simon.

Dans cette note, notre Collègue M. Simon donne une description savante et complète de ce nouveau métier américain, qui n'est pas une machine d'essai, puisque 8 000 exemplaires fonctionnaient déjà en 1896 aux États Unis. Il constitue un nouveau pas dans la voie du machinisme dont les conséquences économiques et sociales peuvent être diversement appréciées, mais dont on ne saurait nier le développement incessant. Ce nouveau métier doit donc appeler à tous les points de vue l'attention la plus sérieuse.

Recherches expérimentales sur les verres exécutées sous a direction du Comité des arts chimiques, par M. L. Grenet, ingénieur civil des mines.

Le but de ces recherches est de déterminer les relations entre la

composition chimique du verre et ses propriétés les plus importantes, telles que la dilatation, la fusibilité, la ténacité, la réfrangibilité et l'altérabilité.

Cette première partie ne traite que de la dilatation ; elle étudie les procédés de mesure, la préparation des échantillons, la marche suivie dans les expériences, l'influence de certaines matières, acide borique, borates, plomb, alumine, etc., et se termine par un certain nombre de conclusions relatives à l'action sur la dilatation des verres industriels des corps étudiés.

Revue des **perfectionnements récemment apportés à l'industrie sucrière,** par M. L. LINDET.

L'abaissement du prix du sucre, par suite notamment d'un excès de production, a engagé les fabricants à redoubler d'efforts pour réduire les prix de revient.

Ces perfectionnements portent sur l'extraction des jus, où il y a peu de choses à signaler, sur l'épuration par la chaux et l'acide carbonique, à propos de laquelle on peut mentionner de nouveaux carbonateurs à débits réglés, l'épuration par l'acide sulfureux qui se répand beaucoup, même peut-être trop vite, car le rôle de l'acide sulfureux en sucrerie n'est pas encore élucidé d'une manière satisfaisante.

Dans la question de l'évaporation, on a introduit quelques perfectionnements dans les appareils permettant de récupérer le jus sucré entraîné pendant cette opération. On a employé la paille de fer pour arrêter les entraînements ; il est bon que cette paille de fer soit galvanisée pour que le fer ne se dissolve pas peu à peu dans le sirop.

La note passe encore en revue la cuisson et la rentrée du sirop d'égout qui est très employée actuellement ; le turbinage, sur lequel il n'y a presque rien à signaler, et la production par la sucrerie de sucre en morceaux propre à la consommation directe, qui commence à se répandre ; il y a deux méthodes, l'agglomération des poudres blanches et le turbinage en plaquettes des sucres cuits et raffinés. Les turbines Hubner, employées pour ce travail, peuvent donner chacune jusqu'à 7 000 *kg* de sucre par vingt-quatre heures.

Résistance des ciments à l'eau de mer, d'après le Dr W. MICHAELIS. (Extrait de l'*Engineering.*)

Sur la liquéfaction du fluor, note de MM. MOISSAN et DEWAR, *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Les auteurs ont refroidi le courant de fluor gazeux avec de l'oxygène liquide à la température de 183° ; le gaz ne se liquéfie pas, mais à cette température il n'attaque plus le verre ; si on vient à faire le vide sur l'oxygène, la liquéfaction se produit en donnant un liquide jaune clair d'une grande mobilité.

La fabrication du carborundum aux États-Unis, d'après une conférence de M. F.-A. FITZGERALD *(Journal of the Franklin Institute.)*

Le carborundum est plus cher que l'émeri, mais cette différence est

compensée par le fait qu'une meule de cette matière est plus légère qu'une meule d'émeri de mêmes dimensions. La Compagnie du Carborundum va doubler l'installation qu'elle possède déjà et demander 1 000 *ch* électriques de plus à la Compagnie du Niagara.

Sur **les alliages du groupe argent-cuivre**, par M. F. Osmond, *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

L'auteur décrit quelques expériences ayant pour objet de permettre de reconnaître si dans certains alliages de cuivre et d'argent les constituants sont réellement ces métaux purs ou s'il y a une solubilité mutuelle du cuivre et de l'argent solides. Les résultats paraissent être en faveur de cette dernière hypothèse. M. Osmond a notamment constaté que si on chauffe dans l'hydrogène, entre 670 et 679 degrés, une surface polie de cuivre pur au contact d'une surface polie d'argent pur, après refroidissement, les deux surfaces adhèrent suffisamment pour qu'on ne puisse les séparer avec les doigts. L'examen microscopique indique une pénétration mutuelle sur une profondeur infiniment faible d'ailleurs.

Notes de mécanique.

Nous signalerons dans ces notes : des roulements sur billes et galets pour axes de bicyclettes et de voitures de tramways, à propos desquels on cite une disposition due à Calla et remontant à 1801, l'injecteur double de l'Ohio Injector Company, la machine Allen à faire les écrous pour rais de vélocipèdes, la presse à emboutir de Smith, une note de M. Lecornu sur le rendement des engrenages et des renseignements intéressants sur la question de l'unification des filetages à l'étranger, contenant le compte rendu d'une conférence tenue à Zurich, le 2 mars 1897, pour l'unification des filetages et des jauges et qui réunissait les délégués de diverses associations techniques suisses. Cette conférence a voté l'ordre du jour suivant :

1° La réunion reconnaît qu'il est souhaitable et nécessaire d'unifier sur une base métrique les systèmes de filetage, aussi bien que les jauges adoptées pour les fils, les tôles, etc. ;

2° La réunion constitue un comité exécutif qui sera chargé de se mettre en relation aussi bien avec les Ingénieurs français et allemands qu'avec les Ingénieurs anglais pour rechercher les moyens d'obtenir l'unification; ce comité rendra compte de ses travaux à l'assemblée des délégués et fera les propositions qu'il jugera utiles.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1897.

Notice nécrologique sur M. Étienne Dupont, Inspecteur général des Mines, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des mines.

Étude sur le **gisement de la Canuette et le traitement de ses minerais**, par M. Bernard, Ingénieur des mines.

Ce gisement est situé à 14 *km* au nord de Carcassonne; il contient des galènes, des minerais de fer et des filons cuivreux, tous plus ou moins argentifères. Ces minerais ont été exploités au moyen âge et dans les temps modernes, même jusqu'il y a quelques années. L'exploitation était rendue chancelante par des conditions financières difficiles, lorsqu'une inondation y a mis fin en détruisant la fonderie et en noyant une partie des travaux. La note donne des détails sur les procédés de traitement qu'on employait, et donne un devis des frais qu'entraine ce traitement.

Discours prononcés aux funérailles de M. Villot, Inspecteur général des mines, par M. Haton de la Goupillière, Inspecteur général, Directeur de l'École nationale supérieure des mines, et Gouin, Ingénieur des ponts et chaussées en retraite, Directeur de la Société générale de transports maritimes à vapeur.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de Mai-Juin 1897.

Teinture des matières colorantes sur dix-neuf mordants métalliques, par MM. A. Scheurer et A. Brylinski.

Note sur un **filtre pour injection d'eau froide au condenseur**, par M. E. Pointot.

Lorsqu'on se sert pour la condensation par injection d'eaux bourbeuses ou chargées de matières étrangères, on est exposé à voir se boucher les crépines d'injection, ce qui amène des échauffements et des arrêts du moteur et de l'usine. En outre, ces dépôts usent les organes mécaniques du condenseur et de la pompe à air.

Pour éviter ces inconvénients, M. Poinsot a établi un filtre à grand débit dans lequel des tamis en tôle de cuivre perforée, placés horizontalement, reçoivent des lits de galets de dimensions décroissantes recouverts de scories de houille et de gravier. L'eau traverse ce filtre et se débarrasse complètement des matières en suspeusion. La chambre du filtre est en maçonnerie ordinaire. Ce filtre peut marcher trois mois et plus sans être remplacé, mais il faut le nettoyer à peu près tous les mois, ce qui se fait en faisant passer de l'eau en sens inverse du courant normal. Cette installation est peu coûteuse et donne de très bons résultats. Depuis plus d'un an qu'elle fonctionne, on n'a plus eu une seule fois à nettoyer les crépines et, par conséquent, plus d'arrêt, alors qu'avant son emploi, cet inconvénient se présentait presque toutes les heures en temps de crue.

Note sur la **réduction des matières colorantes** du type de la fuchsine, par M. M. Prud'homme.

Notes sur les **indolines**, par MM. L. d'Andiran, Noelting et Skawinski.

Notes sur le **dosage de l'hématéine**, par MM. E. Jaquet, O. Michel et Aglot.

Rapport sur les titres de M. Joseph Deiss, à l'obtention d'un prix pour **l'introduction d'une nouvelle industrie** dans la Haute-Alsace, par M. A. Storck.

M. Deiss, fabricant de garnitures de cardes à Ranspach (Haute-Alsace), a établi, dès 1864, une fabrique qu'il a successivement développée au point qu'elle renferme actuellement quarante machines à bouter, etc. On ne saurait toutefois le considérer comme l'introducteur de cette industrie dans la Haute-Alsace, où il y avait déjà, en 1855, à Thann, une petite fabrique de ce genre, créée par un M. Delaruelle, venu de Rouen, où cette fabrication existait déjà depuis assez longtemps. Sa veuve a continué cette industrie à Thann, puis à Mulhouse jusqu'en 1874.

La Commission a accordé néanmoins une médaille à M. Deiss, parce qu'il a perfectionné la fabrication des garnitures de cardes et rendu de réels services à la filature alsacienne par la création de son système de placage des chapeaux pour cardes *revolving*.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 29. — *17 juillet 1897.*

Moteur thermique rationnel de Diesel, par R. Diesel *(fin)*.

Les machines de l'industrie textile aux Expositions de 1897, par G, Rohn *(suite)*.

Les machines-outils à l'Exposition industrielle Saxonne-Thuringienne, à Leipzig, en 1897, par H. Fischer.

L'électro-technique à l'Exposition de Buda-Pest, en 1896, par von Hoor *(fin)*.

Variétés. — Question de l'assimilation des écoles techniques supérieures aux universités.

Correspondance. — Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale, près de Harburg.

N° 30. — *24 juillet 1897.*

Le moteur thermique rationnel de Diesel, par M. Schroeter.

Le vapeur du Danube *François-Joseph-Ier*, par Otto H. Mueller jun.

Le problème de la chainette, par M. Tolle.

Répartition des tensions dans les meules et les lapidaires, par M. Grübler.

Groupe de Berlin. — Utilisation des chutes d'eau dans la Haute-Bavière, pour la production de l'énergie électrique.

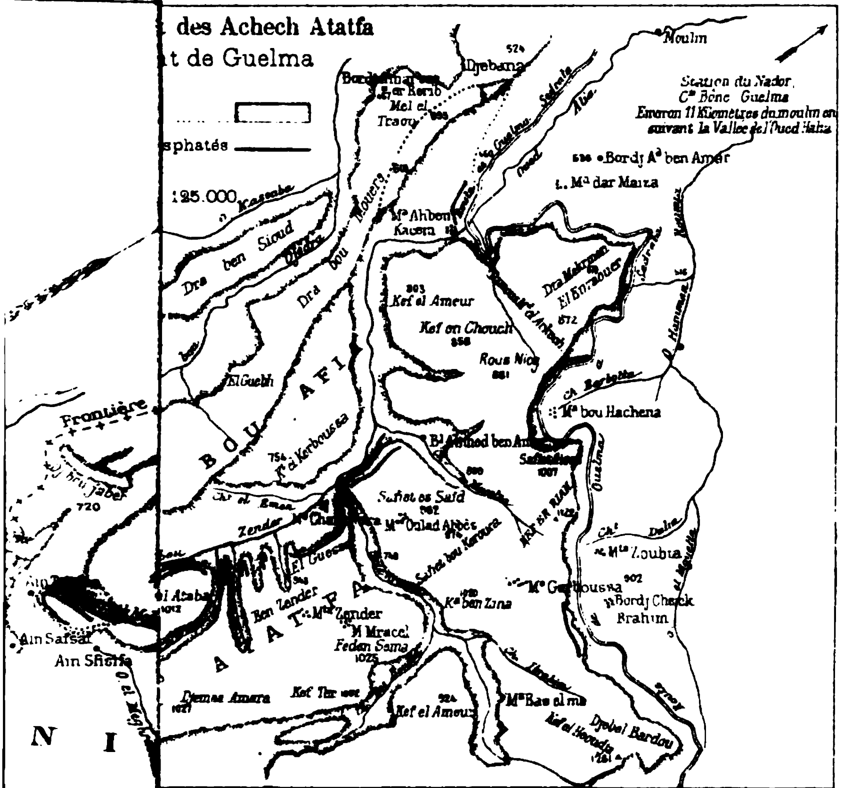
Groupe de Carlsruhe. — Distribution par soupapes accompagnées. — Séchoir pour fabriques de poteries et d'objets en ciment.

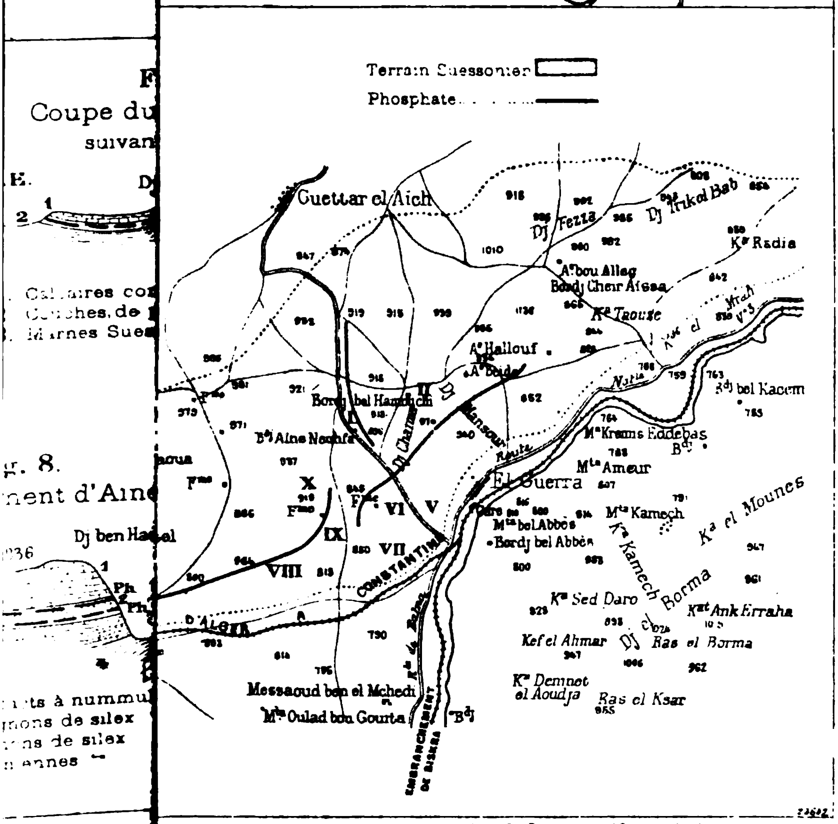
Variétés. — Inauguration du viaduc de Mungsten.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15490-8-97. — (Encre Lorilleux).





Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

s de la mer de B
1
000.000
Dj. Guergour
Aïn Tagrout
Sidi Embark
Portes de fer
Bibans
S^{on} D'ALGER
Chema
Bel Imour
O. Abd El Ouahab
Tocqueville
Bordj bou Arreridj
Mansoura
St Embark
Mellègue
Morsott
Tébessa
El Méridj
Meskiana
Kef Khalicha
Dj. Rechioua
Kalaa es Snam
Haydra
El Kébir
El Kef
Dj. el Kef
Thala
Medjerda
la Calle
Msila
Cherfa
Chott el Hodna
Feriana
T U N I S I E
Échelle 1/3.000.000
Hadjar
Ouled Sidi Aïssa
Sidi Aïssa
El Houichi
Échelle 1/500.0
fig. 16 à 19
Djebel Moul Adam
NNE
Mazem el
N
Suessonien supérieur
D
uche à silex.
a Marnes
b Calcaires
c Calcaires
d Calcaires
e Calcaires
arnes et calcaires marneux
. Phosphate
lcaires à nummulites
es pentes inférieures
d'après M^r Ficheur
des bancs Masse
eville
S
Plaine des Ouled Moktar
giles
Drâ el Abiod
Calcaires
Grès
Marnes
banc a 0,55 et prend
p moins grande
63,24 - 66,36
67,66 - 64,23
53,82 - 52,14 - 56,28
56,35 -
56,35 -
61,67 - 62,82
osphate
nge Suessonien

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1897

N° 9.

Mémoires contenus dans le Bulletin de septembre 1897 :

1° *Résistance des matériaux. — Poutres droites à une travée et à appuis simples. — Théorie des convois périodiques et applications*, par M. Marcelin Duplaix, p. 331 ;

2° *Mémoire sur une grue électrique à portée variable, montée sur truck automobile*, par M. Émile Evers, p. 380 ;

3° *Chronique* n° 213, par M. A. Mallet, page 393 ;

4° *Comptes rendus*, — page 402 ;

5° *Bibliographie*, — page 407 ;

6° *Planches* n^{os} 197, 198 et 199.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

POUTRES DROITES A UNE TRAVÉE ET A APPUIS SIMPLES

THÉORIE DES CONVOIS PÉRIODIQUES

ET APPLICATIONS

PAR

M. Marcellin DUPLAIX

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

(Planches 197 et 198.)

PREMIÈRE PARTIE

THÉORIE

PRÉLIMINAIRES

1. — DÉFINITIONS. — J'appelle *convoi périodique* un convoi constitué par une série de convois partiels identiques et disposés les uns à la suite des autres à des intervalles égaux. Je donne le nom de *convoi générateur* au convoi partiel, dont la répétition produit le convoi périodique.

Le *poids spécifique* Π du convoi périodique est la somme des intensités des charges qui composent le convoi générateur.

La *période* λ est la distance qui, dans le convoi périodique, sépare des charges identiques et appartenant à deux convois générateurs consécutifs.

2. — Lorsque le convoi périodique a une longueur illimitée, il est bien évident que l'on peut y découvrir autant de convois générateurs qu'il y a de charges distinctes par leur intensité et par

leur emplacement. Ainsi, le convoi périodique représenté sur la figure 1 peut admettre, comme convois générateurs, les groupes suivants :

$$\begin{array}{l} P_i,\ P_{i+1} \ldots P_k \ldots\ldots P_{q-1},\ P_q \\ P_{i+1} \ldots\ldots P_k \ldots P_{q-1}, P_q,\ P_i \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P_q,\ P_i,\ P_{i+1} \ldots P_k \ldots\ldots P_{q-1} \end{array}$$

On peut encore constituer un convoi générateur en prenant *(fig. 2)* :

1° Une fraction arbitraire $\varepsilon' P_k$ d'une charge quelconque P_k ;

2° Les charges comprises entre deux charges P_k consécutives ;

3° La fraction complémentaire εP_k de la charge P_k :

$$\varepsilon' P_k \ldots\ldots P_q,\ P_i \ldots\ldots \varepsilon P_k$$

Les deux coefficients ε et ε' ne sont astreints qu'à la condition

$$\varepsilon + \varepsilon' = 1 \qquad [1]$$

et ils peuvent varier de $-\infty$ à $+\infty$.

Un convoi périodique illimité peut donc avoir un nombre infini de convois générateurs ; mais son poids spécifique et sa période sont invariables.

3. — Par suite de la constitution particulière des convois périodiques, il est très facile d'obtenir les moments de flexion qu'ils développent dans les poutres droites à une travée. A cet égard, les poutres dont les portées sont des multiples de la période d'un convoi donné jouissent de propriétés très simples qui m'ont paru mériter une mention spéciale.

Les flèches des poutres à une travée et soumises à l'action d'un convoi périodique, sont susceptibles d'expressions assez simples.

Il n'y a rien de particulier à signaler pour les efforts tranchants, dont l'étude directe peut, d'ailleurs, se faire sans difficulté.

4. — Dans les énoncés et dans les démonstrations qui suivent, j'attribue au convoi périodique une longueur illimitée ; dans la pratique, il suffira qu'il ait une longueur telle qu'il puisse couvrir toute la travée, dans toutes les positions intéressantes à considérer ; cette longueur utile est au plus égale à la portée de la poutre augmentée d'une période du convoi.

Il est essentiel d'observer que les propriétés et les formules indiquées ne sont plus exactes lorsque le convoi n'est que partiellement engagé sur la poutre.

CHAPITRE PREMIER

TRAVÉES DONT LA PORTÉE EST UN MULTIPLE DE LA PÉRIODE

§ 1er. — Moments de flexion.

5. — Théorème Premier. — *Lorsqu'une poutre a une portée égale à un multiple de la période d'un convoi périodique illimité, la valeur du moment de flexion, dans les sections correspondant aux points de division de la travée en périodes, est indépendante de la position du convoi.*

Je désignerai par Π le poids spécifique du convoi et par λ sa période.

Soit AB *(fig. 3)* une poutre dont la portée l est égale à un multiple $n\lambda$ de la période; je vais chercher la valeur du moment de flexion pour une position quelconque du convoi, dans une section C située à une distance $m\lambda$ de l'appui A.

Je divise en périodes la portée de la poutre et je remarque que les charges comprises dans une période quelconque constituent un convoi générateur dont le poids est Π; soit de plus g la distance de son centre de gravité à l'origine de la période.

Le moment de flexion dans la section C a pour expression :

$$M = \frac{n-m}{n}\Pi\begin{bmatrix} g \\ +g+\lambda \\ +g+2\lambda \\ +\ldots\ldots\ldots \\ +g+(m-1)\lambda \end{bmatrix} + \frac{m}{n}\Pi\begin{bmatrix} \lambda-g \\ +2\lambda-g \\ +3\lambda-g \\ +\ldots\ldots\ldots \\ +(n-m)\lambda-g \end{bmatrix}$$

ou :

$$M = \frac{n-m}{n}\Pi\left[mg + m(m-1)\frac{\lambda}{2}\right]$$

$$+\frac{m}{n}\Pi\left[(n-m)(n-m+1)\frac{\lambda}{2} - (n-m)g\right],$$

expression qui se réduit à :

$$M = m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2}. \qquad [2]$$

Ce résultat est bien indépendant de la position du convoi; il est remarquable par sa simplicité.

6. — Remarque. — Dans les sections particulières des poutres de portées spéciales ci-dessus indiquées, le moment de flexion

atteint son maximum dès que la travée est entièrement chargée, et il le conserve ensuite jusque vers la fin du passage du convoi. On peut donc dire que le moment de flexion est maximum, dans ces sections, sous une charge quelconque du convoi.

7. — Théorème II. — *Lorsqu'une poutre a une portée égale à un multiple de la période d'un convoi périodique illimité, le moment de flexion, dans les sections correspondant aux points de division de la travée en périodes, est équivalent à celui que produirait dans les mêmes sections :*

1° Soit une charge fixe uniformément répartie et ayant, par mètre linéaire, une intensité égale au quotient du poids spécifique Π *par la période* λ ;

2° Soit un système de charges fixes et isolées, toutes égales au poids spécifique Π *et appliquées aux points de division de la travée en périodes.*

En effet :

1° Une charge uniformément répartie, dont l'intensité est p par mètre linéaire, produirait dans la section C un moment de flexion égal à :

$$\frac{1}{2} pm(n - m)\lambda^2.$$

Ce moment est identique à celui fourni par l'équation [2] lorsque l'on a :

$$p = \frac{\Pi}{\lambda}. \qquad [3]$$

quels que soient m et n.

2° La travée étant divisée en n périodes, j'applique aux points de division des charges fixes et égales au poids spécifique Π *(fig. 4)*.

Le moment de flexion produit dans la section C a pour expression :

$$M = \frac{n - m}{n} \Pi \left[\lambda + 2\lambda + \ldots + (m - 1)\lambda\right]$$

$$+ \frac{m}{n} \Pi \left[\lambda + 2\lambda + \ldots + (n - m)\lambda\right],$$

ou : $M = \frac{n - m}{n} \Pi m(m - 1) \frac{\lambda}{2} + \frac{m}{n} \Pi (n - m)(n - m + 1) \frac{\lambda}{2}$,

ou enfin : $$M = m(n - m)\Pi \frac{\lambda}{2},$$

équation identique à celle [2].

8. — Conséquences. — Si l'on trace le diagramme des moments de flexion développés dans la poutre par le convoi dans une position quelconque, les ordonnées de ce diagramme, aux points de division de la travée en périodes, seront limitées à une parabole dont la flèche aura pour valeur :

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{n^2}{8}\Pi\lambda.$$

Ces mêmes ordonnées seront encore égales à celles d'un polygone funiculaire des charges isolées Π appliquées aux points de division *(fig. 4)*.

9. — Théorème III. — *Dans une section quelconque d'une poutre dont la portée est égale à un multiple de la période d'un convoi périodique illimité, le moment de flexion* M *est, à toute époque, égal à la somme :*

1° Du moment $\mathfrak{M}$ *qui serait produit dans cette section par un système de charges fixes, toutes égales au poids spécifique* Π *du convoi et appliquées aux points de division de la travée en périodes ;*

2° Et du moment μ *qui serait développé dans la même section, si l'on considérait la petite travée obtenue en détachant de la poutre la période qui renferme la section :*

$$M = \mathfrak{M} + \mu. \qquad [4]$$

Je considère le convoi dans une position quelconque *(fig. 3)* et je vais chercher tout d'abord l'expression du moment de flexion M dans une section E appartenant à la période CD, située à une distance ξ du point C, et comprise entre les deux charges consécutives P_k et P_{k+1}.

Les charges contenues dans chacune des périodes de la travée sont $P_i \dots P_k$, $P_{k+1} \dots P_q$, et elles y occupent les mêmes positions relatives. Leurs points d'application, à l'époque considérée, seront définis par leurs distances α à l'origine de la période. La distance g, à cette même origine, de leur centre de gravité résulte de la relation :

$$\Pi g = \sum_{i}^{q} P\alpha. \qquad [5]$$

La réaction de l'appui A a pour valeur :

$$-\frac{\Pi}{n\lambda}\begin{bmatrix}\lambda-g\\+2\lambda-g\\+\ldots\ldots\\+n\lambda-g\end{bmatrix}=-\frac{\Pi}{n\lambda}\left[n(n+1)\frac{\lambda}{2}-ng\right]$$

$$=-\frac{n-1}{2}\Pi-\frac{\lambda-g}{\lambda}\Pi,$$

d'où pour l'effort tranchant en C :

$$T_C=-\frac{n-1}{2}\Pi-\frac{\lambda-g}{\lambda}\Pi+m\Pi=-\frac{n-2m-1}{2}\Pi-\frac{\lambda-g}{\lambda}\Pi.$$

D'après l'équation [2], le moment de flexion en C est égal à :

$$M_C=m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2},$$

et l'on sait que le moment de flexion M_E dans la section E a pour expression :

$$M_E=M_C-T_C\xi-\sum_i^k P(\xi-\alpha).$$

En remplaçant M_C et T_C par leurs valeurs, on a d'abord :

$$M_E=m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2}+\frac{n-2m-1}{2}\Pi\xi+\frac{\lambda-g}{\lambda}\Pi\xi-\sum_i^k P(\xi-\alpha),$$

puis, en tenant compte de la relation [5], on obtient finalement :

$$\left.\begin{aligned}M_E=&\left[m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2}+\frac{n-2m-1}{2}\Pi\xi\right]\\&+\left[\frac{\lambda-\xi}{\lambda}\sum_i^k P\alpha+\frac{\xi}{\lambda}\sum_{k+1}^q P(\lambda-\alpha)\right].\end{aligned}\right\}\quad[6]$$

Je cherche maintenant les expressions des moments de flexion $\mathfrak{M}$ et μ dans la section E.

Dans la période CD le moment $\mathfrak{M}$ a une variation linéaire *(fig. 4)*, et au point E il a pour valeur :

$$\mathfrak{M}_E=\mathfrak{M}_C+\frac{\xi}{\lambda}(\mathfrak{M}_D-\mathfrak{M}_C).$$

Or, d'après la formule [2] et le théorème II, on a :

$$\mathfrak{M}_C = m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2};$$

$$\mathfrak{M}_D = (m+1)(n-m-1)\Pi\frac{\lambda}{2};$$

d'où : $$\mathfrak{M}_E = m(n-m)\Pi\frac{\lambda}{2} + \frac{n-2m-1}{2}\Pi\xi. \qquad [7]$$

Si l'on suppose que la période CD constitue une petite poutre dont les appuis seront C et D, le moment de flexion μ dans la section E de cette poutre aura pour expression :

$$\mu_E = \frac{\lambda-\xi}{\lambda}\sum_i^k P\alpha + \frac{\xi}{\lambda}\sum_{k+1}^q P(\lambda-\alpha), \qquad [8]$$

En additionnant les valeurs respectives de $\mathfrak{M}_x$ et de μ_x, on retrouve l'expression [6] du moment M_x, et le théorème est démontré.

10. — Corollaire. — Des deux termes $\mathfrak{M}$ et μ, dont la somme reproduit le moment M, le premier est invariable, quelle que soit la position du convoi; le second subit des variations et est susceptible d'un maximum. Il est bien évident qu'à ce maximum du moment μ correspond le maximum du moment total M.

Donc, *dans toutes les sections d'une poutre dont la portée est égale à un multiple de la période* λ *d'un convoi périodique illimité, le moment de flexion* M *atteint son maximum en même temps que le moment* μ *développé dans les sections correspondantes des poutres de portée* λ *en lesquelles on peut fractionner la travée.*

Par suite, de la connaissance des moments maximums dans une poutre ayant une portée égale à une période, on peut déduire les moments maximums dans toute la série des poutres dont la portée a pour valeur un multiple de cette période.

Si l'on considère une section quelconque de l'une de ces poutres, et toutes les autres sections qui en sont distantes d'un nombre quelconque de périodes, le moment de flexion y devient maximum au même instant.

§ 2. — Déformations.

11. — Ordonnée de la ligne moyenne fléchie. — Soient :

E le coefficient d'élasticité longitudinal, supposé constant, de la matière dont est constituée la poutre;

I le moment d'inertie, supposé invariable, de la section transversale de la poutre;

et y l'ordonnée, en un point quelconque, de la ligne moyenne fléchie.

Le produit EIy est égal au moment de flexion qui proviendrait d'une charge fictive continue et représentée par le diagramme des moments dus aux charges réelles.

Je suppose ce diagramme tracé pour une position arbitraire du convoi *(fig. 4)*. La surface limitée par son contour, ou surface de charge fictive, peut se diviser en deux parties :

1° La première est limitée par le polygone des moments $\mathfrak{M}$ définis au théorème III [9];

2° La seconde est comprise entre ce polygone et le contour du diagramme total.

A ces surfaces correspondent respectivement des ordonnées partielles y_1 et y_2 de la ligne moyenne fléchie, de telle sorte que :

$$y = y_1 + y_2.$$

Calcul de y_1. — L'ordonnée y_1 est produite par un système de charges isolées, toutes égales au poids spécifique Π du convoi, et appliquées aux points de division de la travée en périodes. Pour trouver sa valeur en un point E d'abscisse x, on peut se servir de la formule [VI'] de la Note annexe et écrire :

$$\mathrm{EI}y_1 = \left[\begin{array}{l} -\dfrac{x^3}{6} \sum\limits_{A}^{B} \mathrm{P} + \dfrac{x(2l^2 + x^2)}{6l} \sum\limits_{A}^{B} \mathrm{P}a - \dfrac{x}{2} \sum\limits_{A}^{B} \mathrm{P}a^2 + \dfrac{x}{6l} \sum\limits_{A}^{B} \mathrm{P}a^3 \\ + \dfrac{x^3}{6} \sum\limits_{A}^{E} \mathrm{P} - \dfrac{x^2}{2} \sum\limits_{A}^{E} \mathrm{P}a + \dfrac{x}{2} \sum\limits_{A}^{E} \mathrm{P}a^2 - \dfrac{1}{6} \sum\limits_{A}^{E} \mathrm{P}a^3 \end{array} \right].$$

En observant que a est la distance d'une charge à l'appui A, et que :

$$l = n\lambda \qquad \text{et} \qquad x = m\lambda + \xi,$$

on a :

$$EIy_1 = \Pi \left[\begin{array}{l} -\frac{(m\lambda+\xi)^3}{6}(n-1) + \frac{(m\lambda+\xi)[2n^2\lambda^2+(m\lambda+\xi)^2]}{6n\lambda} \times \frac{(n-1)n}{2}\lambda \\ -\frac{m\lambda+\xi}{2} \times \frac{(n-1)n(2n-1)}{6}\lambda^2 + \frac{m\lambda+\xi}{6n\lambda} \times \frac{(n-1)^2n^2}{4}\lambda^3 + \frac{(m\lambda+\xi)^3}{6}m \\ -\frac{(m\lambda+\xi)^2}{2} \times \frac{m(m+1)}{2}\lambda + \frac{m\lambda+\xi}{2} \times \frac{m(m+1)(2m+1)}{6}\lambda^2 - \frac{1}{6} \times \frac{m^2(m+1)^2}{4}\lambda^3 \end{array} \right]$$

et, après simplifications,

$$24EIy_1 = \Pi \left[\begin{array}{l} m(n-m)[m(n-m)+n^2-1]\lambda^3 \\ +(n-2m)[2m(n-m)+n^2-1]\lambda^2\xi \\ -6m(n-m)\lambda\xi^2 - 2(n-2m-1)\xi^3 \end{array} \right]. \quad [9]$$

Calcul de y_2. — On peut obtenir très simplement le produit EIy_2, ou moment de flexion dû à la seconde charge fictive, en observant que cette charge est constituée par une série de petites surfaces ayant toutes même aire et se reproduisant à des intervalles égaux. On a donc ici un système périodique de charges, auquel on peut appliquer le théorème III, ou la formule [6] qui en est la traduction analytique.

L'intensité de la charge fictive, en un point quelconque, est égale au moment μ défini au théorème III.

L'aire d'une surface génératrice du système a pour valeur :

$$\int^{\lambda} \mu d\xi = \frac{1}{2}\sum_i^q P\alpha(\lambda-\alpha).$$

Je pose :
$$\alpha = \frac{\lambda}{2} + \beta; \quad [10]$$

il en résulte :

$$\int_0^{\lambda} \mu d\xi = \frac{1}{2}\sum_i^q P\alpha(\lambda-\alpha) = \frac{\Pi}{2}\left(\frac{\lambda^2}{4} - r^2\right),$$

Πr^2 désignant le moment d'inertie des charges $P_1 \ldots P_q$ contenues dans une période, par rapport à l'axe médian de cette période.

Dans l'application de la formule [6] il faut donc remplacer :

Π par $\frac{\Pi}{2}\left(\frac{\lambda^2}{4} - r^2\right)$;

P par $\mu d\alpha$,

et l'on obtient :

$$EIy_2 = \left[\begin{array}{l} \dfrac{\Pi}{4}\left(\dfrac{\lambda^2}{4} - r^2\right)[m(n-m)\lambda + (n-2m-1)\xi] \\ + \dfrac{\lambda-\xi}{\lambda}\displaystyle\int_0^{\xi} \mu\alpha d\alpha + \frac{\xi}{\lambda}\int_{\xi}^{\lambda} \mu(\lambda-\alpha)d\alpha \end{array}\right].$$

Or, si η est l'ordonnée, en un point d'abscisse ξ, de la ligne moyenne fléchie dans une petite poutre de portée λ, on a, d'après la formule [I] de la Note annexe :

$$EI\eta_i = \frac{\lambda-\xi}{\lambda}\int_0^{\xi} \mu\alpha d\alpha + \frac{\xi}{\lambda}\int_{\xi}^{\lambda} \mu(\lambda-\alpha)d\alpha$$

D'où :

$$EIy_2 = \frac{\Pi}{4}\left(\frac{\lambda^2}{4} - r^2\right)[m(n-m)\lambda + (n-2m-1)\xi] + EI\eta. \qquad [11]$$

Calcul de y. — En ajoutant les valeurs de y_1 et y_2, tirées des équations [9] et [10], on trouve, toutes réductions faites :

$$y = \left[\begin{array}{l} \dfrac{\Pi}{24EI}\left[\begin{array}{l} m(n-m)\left[m(n-m) + n^2 + \dfrac{1}{2}\right]\lambda^3 \\ + \left[4m^3 - 6m^2n + n^3 + \dfrac{n-2m-3}{2}\right]\lambda^2\xi \\ - 6m(n-m)\lambda\xi^2 - 2(n-2m-1)\xi^3 \end{array}\right] \\ - \dfrac{\Pi r^2}{4EI}\left[m(n-m)\lambda + (n-2m-1)\xi\right] + \eta \end{array}\right]. \qquad [12]$$

12. — Flèche. — La formule [12] va servir à calculer la flèche ou ordonnée de la ligne moyenne fléchie au milieu de la portée de la poutre.

Il faut distinguer les cas où le degré de multiplicité n est pair ou impair.

Premier Cas. — *La portée de la poutre est un multiple pair de la période :*

$$n = 2n'.$$

Les valeurs à adopter pour m, ξ et η sont :

$$m = n', \qquad \xi = 0, \qquad \eta = 0.$$

La formule [12] donne ensuite pour la flèche f'.

$$f' = \frac{\Pi\lambda}{48EI}\, n'^2\left[(10n'^2+1)\lambda^2 - 12r^2\right], \qquad [13]$$

ou bien :
$$f' = \frac{\Pi\lambda}{384EI}\, n^2\left[(5n^2+2)\lambda^2 - 24r^2\right]. \qquad [13']$$

Cette flèche est maximum quand les charges contenues dans une période y occupent une position telle que leur moment d'inertie Πr^2 soit minimum. Il suffit évidemment de comparer les positions du convoi pour lesquelles le centre de gravité de ces charges se trouve au milieu de la période; on trouvera donc rapidement la position cherchée. Elle est, d'ailleurs, la même pour toutes les poutres dont la portée est égale à un multiple pair de la période.

Deuxième Cas. — *La portée de la poutre est un multiple impair de la période :*

$$n = 2n'' + 1.$$

Il faut, dans l'équation [12], faire les substitutions :

$$m = n'', \qquad \xi = \frac{\lambda}{2}, \qquad \eta = \varphi,$$

φ étant la valeur particulière de la flèche dans la petite poutre de portée λ.

On trouve ainsi pour la flèche f'' :

$$f'' = \frac{\Pi\lambda}{24EI}\, n''(n''+1)\left[\left[5n''(n''+1)+3\right]\lambda^2 - 6r^2\right] + \varphi, \qquad [14]$$

ou :
$$f'' = \frac{\Pi\lambda}{384EI}\,(n^2-1)\left[(5n^2+7)\lambda^2 - 24r^2\right] + \varphi. \qquad [14']$$

Quant à la petite flèche φ, on peut l'obtenir en appliquant la formule générale [IX] de la Note annexe, d'où :

$$EI\varphi = \frac{\Pi\lambda^3}{48} - \frac{\Pi\lambda}{8}r^2 - \frac{1}{12}\sum_{i}^{k} P\beta^3 + \frac{1}{12}\sum_{k+1}^{q} P\beta^3, \qquad [15]$$

les distances β, définies par l'équation [10], étant négatives pour les charges $P_i \ldots P_k$ situées dans la première moitié de la période, et positives pour les charges $P_{k+1} \ldots P_q$ contenues dans la seconde moitié.

L'équation [14'] peut donc s'écrire :

$$\left.\begin{aligned} f'' = \frac{1}{48EI}\Big[&\frac{5n^4+2n^2+1}{8}\Pi\lambda^3 - 3(n^2+1)\Pi\lambda r^2 - 4\sum_i^k P\beta^3 \\ &+ 4\sum_{k+1}^q P\beta^3\Big]. \end{aligned}\right\} \quad [16]$$

1° Si les charges contenues dans une période y occupent une position telle qu'elle corresponde à la fois au minimum de r^2 et au maximum de φ, c'est dans cette position des charges que la flèche f'' devient maximum; cela résulte immédiatement de l'équation [14']. On peut remarquer aussi que cette position du convoi est indépendante du degré n de multiplicité.

2° Si le minimum de r^2 et le maximum de φ n'ont pas lieu simultanément, on pourra trouver la position du convoi correspondant au maximum de la flèche en appliquant la formule générale [X] de la Note annexe. Mais cette formule fait intervenir toutes les charges contenues dans la travée, et il est possible de ne considérer que celles qui peuvent être comprises dans une période, en discutant directement l'équation [16].

Je choisis pour inconnue la distance γ du centre de gravité des charges $P_i \dots P_q$ au milieu de la période, et je désigne par δ la distance de l'une quelconque de ces charges à leur centre de gravité, il en résulte :

$$\beta = \gamma + \delta, \qquad [17]$$

et l'équation [16] devient :

$$\begin{aligned} f'' = \frac{1}{48EI}\Big[&\frac{5n^4+2n^2+1}{8}\Pi\lambda^3 - 3(n^2+1)\lambda\sum_i^q P(\gamma+\delta)^2 \\ &- 4\sum_i^k P(\gamma+\delta)^3 + 4\sum_{k+1}^q P(\gamma+\delta)^3\Big]. \end{aligned}$$

En annulant la dérivée :

$$\begin{aligned} \frac{df''}{d\gamma} = \frac{1}{48EI}\Big[&-6(n^2+1)\lambda\sum_i^q P(\gamma+\delta) - 12\sum_i^k P(\gamma+\delta)^2 \\ &+ 12\sum_{k+1}^q P(\gamma+\delta)^2\Big], \end{aligned}$$

on aura une équation qui fournira l'inconnue γ. En observant que $\sum^q P\delta = 0$, cette équation se réduit à :

$$\left.\begin{aligned} \gamma^2\Big[\sum_{k+1}^q P - \sum_i^k P\Big] - 2\gamma\Big[\frac{n^2+1}{4}\Pi\lambda - \Big(\sum_{k+1}^q P\delta - \sum_i^k P\delta\Big)\Big] \\ + \Big[\sum_{k+1}^q P\delta^2 - \sum_i^k P\delta^2\Big] = 0. \end{aligned}\right\} \quad [18]$$

Une seule des racines convient à la question, et elle correspondra réellement à un maximum de la flèche si $\frac{d^2f''}{d\gamma^2} < 0$, c'est-à-dire :

$$\frac{n^2+1}{4}\Pi\lambda > \gamma\left(\sum_{k+1}^{q} P - \sum_{i}^{k} P\right) + \left(\sum_{k+1}^{q} P\delta - \sum_{i}^{k} P\delta\right). \qquad [19]$$

Conformément aux résultats de l'analyse générale de la Note annexe, la flèche est toujours maximum lorsque les charges contenues dans une période sont symétriques, d'intensité et de position, par rapport au milieu de cette période, puisque cette symétrie entraîne celle de toutes les charges par rapport au milieu de la travée.

CHAPITRE II

TRAVÉES DONT LA PORTÉE N'EST PAS UN MULTIPLE DE LA PÉRIODE

§ 1er. — Moments de flexion.

13. — Je considère une poutre AB *(fig. 5)* dont la portée est l, et dans cette poutre une section C d'abscisse x.

Par hypothèse on a :

$$x = m\lambda + b \qquad [20]$$

$$l - x = m'\lambda + b' \qquad [21]$$

b et b' étant des longueurs inférieures ou au plus égales à la période λ.

Je me bornerai à étudier le moment de flexion maximum développé dans la section. Je place donc le convoi dans la position qui correspond à ce maximum, et je désigne par P_k la charge qui doit alors être disposée à l'aplomb de la section C.

Je constitue le convoi générateur en prenant : une fraction εP_k de la charge P_k, une fraction $\varepsilon' P_k$ de la charge P_k qui précède la première, et les charges $P_{k+1} \dots P_j \dots P_i \dots P_{k-1}$ comprises entre les points d'application des deux charges considérées.

Les coefficients ε et ε' seront nécessairement reliés par la relation [1] **(3)**. De plus, en vue de simplifier les calculs ultérieurs et les discussions des formules, j'achève de déterminer ε et ε' par la condition que le centre de gravité du convoi générateur, cons-

titué comme il vient d'être dit, se trouve au milieu de la période.

Si donc α désigne la distance, à l'origine de la période ou à la charge $\varepsilon' P_k$, d'une charge quelconque du convoi générateur, on aura :

$$\sum_{k+1}^{k-1} P\alpha + \varepsilon P_k \lambda = \Pi \frac{\lambda}{2} \qquad [22]$$

équation à laquelle il faudra adjoindre l'équation [1] pour déterminer les valeurs numériques des coefficients ε et ε'. Si l'un des coefficients est compris entre 0 et 1, l'autre sera également positif et plus petit que l'unité; si l'un d'eux est positif et supérieur à 1, l'autre sera négatif.

Les charges $P_s \ldots \varepsilon P_k$ comprises dans l'intervalle b seront repérées par leurs distances u à l'appui A; les charges $\varepsilon' P_k \ldots P_j$ situées dans l'intervalle b' seront fixées par leurs distances u' à l'appui B.

14. — EXPRESSION DU MOMENT DE FLEXION MAXIMUM DANS LA SECTION C. — Le convoi occupant la position indiquée, le moment de flexion en C a pour expression :

$$M = \frac{l-x}{l}\Pi\left[\begin{array}{l} b+\frac{\lambda}{2} \\ +b+\frac{\lambda}{2}+\lambda \\ +\ldots\ldots\ldots \\ +b+\frac{\lambda}{2}+(m-1)\lambda \end{array}\right] + \frac{x}{l}\Pi\left[\begin{array}{l} b'+\frac{\lambda}{2} \\ +b'+\frac{\lambda}{2}+\lambda \\ +\ldots\ldots\ldots\ldots \\ +b'+\frac{\lambda}{2}+(m'-1)\lambda \end{array}\right]$$

$$+\frac{l-x}{l}\sum_{s}^{k} Pu + \frac{x}{l}\sum_{k'}^{j} Pu';$$

ou :

$$M = \frac{l-x}{l}\Pi m\left(b+m\frac{\lambda}{2}\right) + \frac{x}{l}\Pi m'\left(b'+m'\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$+\frac{l-x}{l}\sum_{s}^{k} Pu + \frac{x}{l}\sum_{k'}^{j} Pu'.$$

Je remplace dans cette formule m et m' par leurs valeurs tirées des équations [20] et [21] :

$$m = \frac{x-b}{\lambda} \qquad m' = \frac{l-x-b'}{\lambda},$$

et j'obtiens :

$$M = \frac{l-x}{l}\,\Pi\,\frac{x^2-b^2}{2\lambda} + \frac{x}{l}\,\Pi\,\frac{(l-x)^2-b'^2}{2\lambda} + \frac{l-x}{l}\sum_{s}^{ik} Pu + \frac{x}{l}\sum_{c'k}^{j} Pu',$$

ou :

$$M = \frac{\Pi}{2\lambda}x(l-x) + \frac{l-x}{l}\left[\sum_{s}^{ik} Pu - \frac{\Pi b^2}{2\lambda}\right] + \frac{x}{l}\left[\sum_{c'k}^{j} Pu' - \frac{\Pi b'^2}{2\lambda}\right]. \quad [23]$$

15. — Transformation de l'équation [23]. — Les valeurs des deux derniers termes de l'équation [23] peuvent se déduire de l'étude des charges dans une seule période.

En effet, je construis d'abord *(fig. 6)* un polygone funiculaire $D'_0A_1B_1D_0$ des charges $\varepsilon' P_k \ldots P_j \ldots P_s \ldots \varepsilon P_k$ du convoi générateur, en prenant pour distance polaire la longueur $\frac{\lambda}{2}$. Les côtés extrêmes D'_0G et D_0G de ce polygone concourent en un point G situé sur la verticale équidistante de D'_0 et de D_0; cela résulte de la condition imposée [22].

Je trace ensuite une parabole qui passe par les points D'_0 et D_0, et qui soit tangente en ces points aux côtés extrêmes D'_0G et GD_0 du polygone funiculaire.

Soient A_0A_1 et A_0A_2 les ordonnées, comptées à partir du côté D_0G (prolongé s'il le faut), du polygone et de la parabole, et à une distance b du point D_0. On a, en mesurant ces ordonnées à l'échelle des charges,

$$\left.\begin{aligned} \frac{\lambda}{2} \times \overline{A_0A_1} &= \sum_{s}^{ik} Pu, \\ \frac{\lambda}{2} \times \overline{A_0A_2} &= \frac{\Pi b^2}{2\gamma}. \end{aligned}\right\} \quad [24]$$

Je pose : $$\Delta = \overline{A_0A_1} - \overline{A_0A_2} = \overline{A_1A_2}, \quad [25]$$

d'où : $$\Delta\,\frac{\lambda}{2} = \sum_{s}^{ik} Pu - \frac{\Pi b^2}{2\lambda}. \quad [26]$$

De même, si Δ' est la charge représentée par la différence $\overline{B_1B_2}$ des ordonnées du polygone et de la parabole, prises à une distance b' du point D'_0, on aura :

$$\Delta' = \overline{B_1B_2}, \quad [27]$$

et $$\Delta'\,\frac{\lambda}{2} = \sum_{c'k}^{j} Pu' - \frac{\Pi b'^2}{2\lambda}. \quad [28]$$

L'expression [23] du moment peut donc s'écrire :

$$M = \frac{\Pi}{2\lambda} x(l-x) + \frac{l-x}{l} \Delta \frac{\lambda}{2} + \frac{x}{l} \Delta' \frac{\lambda}{2}, \qquad [29]$$

et sa valeur sera connue dès que l'on aura déterminé Δ et Δ'.

16. — DISCUSSION DE LA FORMULE [29]. — Le premier terme $\frac{\Pi}{2\lambda} x(l-x)$ de cette formule représente le moment qui serait développé dans la section C de la poutre AB, si cette poutre était soumise à une charge uniformément répartie, d'une intensité égale à $\frac{\Pi}{\lambda}$ par unité de longueur. Je l'appelle le *terme principal* du moment.

Les deux derniers termes seront les *termes complémentaires*.

Le tracé de la figure 6, d'où l'on déduit les valeurs des charges Δ et Δ', est indépendant de la portée de la travée ; mais il est relatif à une charge particulière P_k, et il faut le répéter autant de fois qu'il y a de charges dans un convoi générateur. Il est vrai que ces différents tracés seront faits une fois pour toutes, et serviront pour des travées de n'importe quelle portée. Il pourra même arriver que certains d'entre eux seront inutiles, car il est bien évident que, la parabole $D'_0A_2B_2D_0$ étant invariable, il suffit de conserver ceux pour lesquels les ordonnées du polygone tel que $D'_0A_1B_1D_0$ seront les plus faibles en les mesurant à partir de la corde D'_0D_0.

1° Δ *et* Δ' *sont positifs.* — Si les charges Δ et Δ' sont constamment positives, il en sera de même des termes complémentaires, et le moment M sera toujours supérieur à celui qui serait dû à la charge uniforme $\frac{\Pi}{\lambda}$;

2° Δ *et* Δ' *sont de signes contraires.* — Si, par exemple, Δ est positif et Δ' négatif, le signe de Δ' sera prédominant dans la somme des termes complémentaires, pour les petites valeurs de $(l-x)$, c'est-à-dire pour les sections voisines de l'appui B ; ce sera le contraire pour les sections proches de l'appui A ;

3° Δ *et* Δ' *sont négatifs.* — Dans ce cas (qui se présente rarement), le moment de flexion M est inférieur à celui que développerait la charge uniforme $\frac{\Pi}{\lambda}$;

4° $b = b' = 0$. — On a alors $\Delta = \Delta' = 0$, et on retombe dans le cas du théorème II [7] ;

5° $b + b' = \lambda$. — Il vient dans ce cas $\Delta = \Delta'$, et la somme des termes complémentaires se réduit à $\Delta \frac{\lambda}{2}$, valeur indépendante de x et de l. Ce résultat est conforme à l'énoncé du théorème III [9].

17. — Détermination graphique du moment M. — Le terme principal peut être représenté par les ordonnées d'une parabole telle que AC_1E_1B *(fig. 7)*.

La somme des deux termes complémentaires est égale au moment produit par les charges Δ et Δ' supposées appliquées : Δ à une distance $\frac{\lambda}{2}$ de l'appui A, et Δ' à une distance $\frac{\lambda}{2}$ de l'appui B. On pourra donc l'obtenir par le tracé d'un polygone funiculaire tel que AC_2E_2B.

Il suffira ensuite d'ajouter l'ordonnée CC_2 à CC_1 et l'on aura le moment M représenté par l'ordonnée totale CC'.

Si des sections C et E, distantes d'un multiple de la période, ont leur moment maximum sous la même charge P_k, on aura, pour ces deux sections, les mêmes charges Δ et Δ' ; par suite, le même polygone AC_2E_2B fournira les ordonnées complémentaires à ajouter à celles de la parabole.

§ 2. — Déformations.

18. — Je ne m'occuperai que de la détermination de la *flèche*, ou ordonnée de la ligne moyenne fléchie au milieu de la portée.

Je considère *(fig. 8)* une poutre AB, de section et d'élasticité constantes, et soumise à un convoi périodique dont le poids spécifique est Π et la période λ.

Je porte, de part et d'autre du milieu C de la portée, autant de périodes qu'il peut y en avoir dans la moitié de la travée, de sorte que la demi-portée $\frac{l}{2}$ est égale à un multiple $m\lambda$ de la période, plus une longueur b inférieure ou au plus égale à λ.

$$\frac{l}{2} = m\lambda + b \qquad [30]$$

Les charges contenues dans une période quelconque sont $P_i \ldots\ldots P_q$; celles comprises dans l'intervalle *b*, voisin de l'appui A, sont $P_j \ldots\ldots P_q$; et dans l'intervalle *b*, situé près de l'appui B, on a les charges $P_i \ldots\ldots P_s$.

La distance d'une charge quelconque, à l'origine de la période, est désignée par α.

19. — EXPRESSION DE LA FLÈCHE. — En appliquant la formule générale [IX] de la Note annexe, on a, pour expression de la flèche :

$$12EIf = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{l^3}{4}\left[2m\Pi + \sum_i^s P + \sum_j^q P\right] \\ -\dfrac{3l}{2}\left[\begin{array}{l} \sum_i^q P\left[\alpha^2 + (\lambda+\alpha)^2 + (2\lambda+\alpha)^2 + \ldots + \big((m-1)\lambda+\alpha\big)^2\right] + \sum_i^s P(m\lambda+\alpha)^2 \\ + \sum_i^q P\left[(\lambda-\alpha)^2 + (2\lambda-\alpha)^2 + \ldots + (m\lambda-\alpha)^2\right] + \sum_j^q P(m\lambda+\lambda-\alpha)^2 \end{array}\right] \\ + \sum_i^q P\left[\alpha^3 + (\lambda+\alpha)^3 + \ldots + \big((m-1)\lambda+\alpha\big)^3\right] + \sum_i^s P(m\lambda+\alpha)^3 \\ + \sum_i^q P\left[(\lambda-\alpha)^3 + (2\lambda-\alpha)^3 + \ldots + (m\lambda-\alpha)^3\right] + \sum_j^q P(m\lambda+\lambda-\alpha)^3 \end{array} \right.$$

ou, en faisant les sommations des séries :

$$12EIf = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{m\Pi}{2}\left[l^3 - (2m^2+1)l\lambda^2 + m(m^2+1)\lambda^3\right] \\ + 3m(l - m\lambda)\sum_i^q P\alpha(\lambda-\alpha) + \dfrac{l^3}{4}\left[\sum_i^s P + \sum_j^q P\right] \\ -\dfrac{3l}{2}\left[\sum_i^s P(m\lambda+\alpha)^2 + \sum_j^q P(m\lambda+\lambda-\alpha)^2\right] \\ + \sum_i^s P(m\lambda+\alpha)^3 + \sum_j^q P(m\lambda+\lambda-\alpha)^3 \end{array} \right\} \quad [31]$$

Or, si Πr^2 désigne le moment d'inertie des charges $P_i \ldots P_q$ contenues dans une période, par rapport à l'axe médian de cette période, on a :

$$\sum_i^q P\alpha(\lambda-\alpha) = \Pi\left(\frac{\lambda^2}{4} - r^2\right). \quad [32]$$

Si, de plus, on développe les puissances de $(m\lambda+\alpha)$ et de $(m\lambda+\lambda-\alpha)$, on peut mettre l'équation [31] sous la forme :

$$12EIf = \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{mII}{2}\left[l^3 - \dfrac{4m^2-1}{2}l\lambda^2 + \dfrac{m(2m^2-1)}{2}\lambda^3 - 6(l-m\lambda)r^2\right] \\ + \left[\dfrac{l^3}{4} - \dfrac{m^2\lambda^2}{2}(3l-2m\lambda)\right] \times \left[\sum_i^s P + \sum_j^q P\right] \\ - 3m\lambda(l-m\lambda)\left[\sum_i^s P\alpha + \sum_j^q P(\lambda-\alpha)\right] \\ - \dfrac{3}{2}(l-2m\lambda)\left[\sum_i^s P\alpha^2 + \sum_j^q P(\lambda-\alpha)^2\right] \\ + \sum_i^s P\alpha^3 + \sum_j^q P(\lambda-\alpha)^3 \end{array} \right\} \quad [33]$$

Cette formule ne fait intervenir les moments des divers ordres que des charges pouvant être contenues dans une période.

20. — POSITION DU CONVOI CORRESPONDANT AU MAXIMUM DE LA FLÈCHE. — Cette recherche n'offre rien de particulier à signaler. On pourra employer la méthode générale indiquée dans la Note annexe.

Lorsque les charges contenues dans une période sont symétriques, d'intensité et de position, par rapport au milieu de cette période, il en résulte que toutes les charges sont symétriques par rapport au milieu de la travée, et l'on sait que dans cette position des charges la flèche est maximum. (Voir la Note annexe.)

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS

CHAPITRE I

CONVOI FORMÉ D'UNE SÉRIE DE CHARGES ÉGALES ET ÉQUIDISTANTES

§ 1er. — Travées dont la portée est un multiple de la période.

21. — Soient P l'intensité commune à toutes les charges, et λ leur équidistance.

Le convoi considéré est un convoi périodique dont le *poids spécifique* est P et la *période* λ.

Les moments maximums, dans la petite travée qui a pour portée la période λ, peuvent être représentés par les ordonnées d'une parabole, et dont la plus grande a pour valeur $P\frac{\lambda}{4}$ au milieu de la portée. On sait d'ailleurs que, dans une telle travée, le moment est maximum au passage de la charge.

22. — Diagramme des moments maximums. — Pour obtenir le diagramme des moments maximums dans une travée de portée de $l = n\lambda$, on commencera par tracer le contour polygonal des moments de flexion qui seraient produits par le convoi supposé immobile et occupant une position telle que deux charges soient sur les appuis *(fig. 9 et 10)*. On pourra, pour cela, soit tracer un polygone funiculaire des charges, soit calculer, par la formule [2], les moments aux points d'application de ces charges. Comme vérification, les sommets du polygone doivent se trouver sur la parabole correspondant à une charge uniformément répartie et égale à $\frac{P}{\lambda}$ par unité de longueur; c'est une conséquence du théorème II [7].

On ajoutera ensuite aux ordonnées du contour polygonal, et, dans chaque intervalle des charges, les ordonnées de la parabole représentant les moments maximums dans la petite travée λ; cela résulte du théorème III [9].

Cette dernière opération revient à doubler, dans chaque intervalle des charges, les ordonnées de la grande parabole comptées à partir des côtés du polygone. En effet, au milieu d'un intervalle λ, la flèche de la grande parabole est $\frac{P\lambda}{8}$, tandis que celle de la petite parabole additionnelle est $\frac{P\lambda}{4}$. En outre, on vérifie aisément que les côtés prolongés du polygone sont tangents aux arcs de parabole, dont l'ensemble constitue le diagramme des moments maximums.

23. — Voici les résultats principaux de l'application des formules générales au calcul des moments.

Premier Cas. — *La portée est un multiple pair de l'intervalle des charges :* $n = 2n'$ *(fig. 9).*

Le moment de flexion au milieu de la portée est indépendant

de la position du convoi (théorème I); sa valeur s'obtient par la formule [2] dans laquelle on fait :

$$m = n' = \frac{n}{2} \qquad \text{et} \qquad \Pi = P,$$

d'où :

$$M = \frac{n^2}{8} P\lambda. \qquad [34]$$

Le moment est *maximum maximorum* dans les sections situées à une distance $\pm \frac{\lambda}{4}$ du milieu de la travée; ce résultat est fourni par la formule [6] dans laquelle on donne à m les valeurs $\frac{n}{2} \pm 1$.

On trouve ensuite pour valeur commune du moment dans ces deux sections :

$$M' = \frac{2n^2 + 1}{16} P\lambda. \qquad [35]$$

Deuxième Cas. — *La travée est un multiple impair de l'intervalle des charges :* $n = 2n'' + 1$ *(fig. 10).*

Le moment *maximum maximorum* se produit au milieu de la portée. Pour obtenir sa valeur, il faut appliquer la formule [2] en adoptant les valeurs particulières :

$$m = n'' = \frac{n-1}{2} \qquad \Pi = P \qquad \xi = \frac{\lambda}{2},$$

chaque charge étant disposée au milieu d'une période de la travée :

On trouve ainsi :

$$M'' = \frac{n^2 + 1}{8} P\lambda. \qquad [36]$$

24. — Détermination de la flèche. — Il y a deux cas à distinguer :

Premier Cas. — *La travée est un multiple pair de l'intervalle des charges :* $n = 2n'$ *(fig. 9).* — De la formule [13'] on déduit la flèche en y remplaçant Π par P, et en prenant le minimum de r^2. Ce minimum est zéro, et il a lieu quand une charge est au milieu de l'une des périodes de la poutre.

Les substitutions conduisent à la formule :

$$f' = \frac{P\lambda^3}{384\,EI} n^2(5n^2 + 2). \qquad [37]$$

Deuxième Cas. — *La travée est un multiple impair de l'intervalle des charges* : $n = 2n'' + 1$ *(fig. 10)*. — On applique la formule [14'] en remarquant que le minimum de r^2 et le maximum de φ ont lieu simultanément, c'est à-dire lorsque l'une des charges arrive au milieu d'une période :

$$r^2 = 0 \qquad \text{et} \qquad \varphi = \frac{P\lambda^3}{48\,EI},$$

d'où :

$$f'' = \frac{P\lambda^3}{384\,EI}(5n^4 + 2n^2 + 1). \qquad [38]$$

§ 2. — Travées dont la portée n'est pas un multiple de la période.

25. — Je considère la travée représentée par la figure 11. Les valeurs de ε et ε' qui satisfont ici aux équations [1] et [22] sont :

$$\varepsilon = \varepsilon' = \frac{1}{2}.$$

L'équation [23] devient donc, en y faisant $\varepsilon = \varepsilon' = \frac{1}{2}$ et $\Pi = P$:

$$M = \frac{P}{2\lambda}x(l-x) + \frac{l-x}{l} \times \frac{Pb}{2\lambda}(\lambda - b) + \frac{x}{l} \times \frac{Pb'}{2\lambda}(\lambda - b'). \quad [39]$$

Comme on a constamment $\lambda > b$ et $\lambda > b'$, les termes complémentaires sont toujours positifs, et le moment M est toujours supérieur à celui que produirait la charge uniforme principale $\frac{P}{\lambda}$ agissant seule. Il est, d'ailleurs, maximum au passage d'une charge dans la section considérée.

L'équation [39] peut s'écrire sous la forme :

$$M = \frac{P}{2\lambda}\left[x(l-x) + b(\lambda - b) - \frac{x}{l}(b - b')\left[\lambda - (b + b')\right]\right]. \quad [40]$$

1° $b = b'$. — Les charges sont disposées symétriquement par rapport au milieu de la portée. La somme des termes complémentaires se réduit à :

$$\frac{Pb}{2\lambda}(\lambda - b),$$

c'est-à-dire au moment que produirait la charge $\frac{P}{\lambda}$ dans une section située à une distance b de l'un des appuis d'une petite travée λ.

2° $\lambda > b + b'$. — Il y a deux cas à distinguer :

Si $b > b'$, la formule [40] montre que la somme des termes complémentaires est inférieure au moment produit par la charge uniforme $\frac{P}{\lambda}$ dans une section d'abscisse b et appartenant à une travée λ.

Si $b < b'$, leur somme est supérieure à ce même moment;

3° $\lambda < b + b'$. — Les résultats de l'hypothèse précédente sont à intervertir.

26. — MOMENTS MAXIMUMS MAXIMORUM. — Je désignerai par n le le nombre des charges contenues dans la travée, de sorte que :

$$l = (n-1)\lambda + a, \qquad [41]$$

a étant une longueur inférieure, ou égale, ou même supérieure à λ.

PREMIER CAS. — *Le nombre* n *est pair* : $n = 2n'$ *(fig. 12).*

Le moment est maximum maximorum dans les sections situées à une distance $\pm \frac{\lambda}{4}$ du milieu de la travée. Si l'on considère la section appartenant à la première moitié de la poutre, on aura pour cette section :

$$x = \frac{l}{2} - \frac{\lambda}{4} \qquad \text{et} \qquad l - x = \frac{l}{2} + \frac{\lambda}{4},$$

et, de la position particulière des charges, on déduit :

$$b = \frac{l}{2} - \frac{4n'-3}{4}\lambda \qquad \text{et} \qquad b' = \frac{l}{2} - \frac{4n'-1}{4}\lambda.$$

En substituant dans l'équation [40], on trouve pour l'expression du moment maximum maximorum :

$$M' = \frac{n'P}{2}\left[l - n'\lambda + \frac{\lambda^2}{4l}\right], \qquad [42]$$

ou bien :

$$M' = \frac{nP}{4}\left[l - \frac{n}{2}\lambda + \frac{\lambda^2}{4l}\right]. \qquad [42']$$

Lorsque le convoi atteint la position correspondant au moment maximum maximorum, les n charges seront toutes comprises dans la travée et il n'y en aura pas d'autre, si l'on a :

$$b < \lambda \qquad \text{et} \qquad b' > 0,$$

c'est-à-dire :

$$\frac{\lambda}{2} < a < \frac{3\lambda}{2}. \qquad [43]$$

Les formules [42] et [42′] ne sont applicables que si les inégalités [43] sont satisfaites.

Si ces inégalités n'ont pas lieu, c'est que l'une des n charges est sortie de la travée ou qu'une nouvelle charge y est entrée, avant que le convoi ait pu atteindre la position indiquée ci-dessus pour la production du moment maximum maximorum. La travée contient alors un nombre impair de charges, et il faut se servir des formules du cas suivant :

Deuxième Cas. — *Le nombre* n *est impair :* $n = 2n'' + 1$ *(fig. 13).*

C'est au milieu de la portée que le moment est maximum maximorum. Pour trouver sa valeur, il faut faire dans l'équation [40] les substitutions suivantes:

$$x = l - x = \frac{l}{2}.$$

$$b = b' = \frac{l}{2} - n''\lambda,$$

ce qui conduit à :

$$M'' = \frac{P}{4}\left[(2n''+1)l - 2n''(n''+1)\lambda\right]; \qquad [44]$$

ou :

$$M'' = \frac{nP}{8}\left[2l - (n-1)\lambda\right]. \qquad [44']$$

Le cas considéré est toujours possible, car, lorsque l'une des charges du convoi arrive au milieu de la travée, celle-ci contient évidemment un nombre impair de charges.

Les deux cas de n pair ou impair peuvent se présenter pour une même travée; il conviendra donc de calculer les valeurs de M′ et de M″, et de les comparer.

27. — Détermination de la flèche. — Le convoi peut occuper deux positions symétriques par rapport au milieu de la travée.

Premier Cas. — *Le nombre* n *des charges contenues dans la travée est pair :* $n = 2n'$ *(fig. 14).* — Le milieu de la travée se trouve alors au milieu de l'intervalle de deux charges consécutives.

Il faut appliquer la formule [33] en adoptant les valeurs suivantes :

$$\Pi = P \qquad m = n' \qquad r^2 = 0.$$

$$\sum_i^s P\alpha^p = \sum_j^q P(\lambda - \alpha)^p = 0, \text{ quel que soit } p,$$

et l'on a ainsi :

$$f' = \frac{n'P}{24EI}\left[l^3 - \frac{4n'^2-1}{2} l\lambda^2 + \frac{n'(2n'^2-1)}{2}\lambda^3\right]; \qquad [45]$$

ou, en remplaçant n' par $\frac{n}{2}$:

$$f' = \frac{nP}{48EI}\left[l^3 - \frac{n^2-1}{2} l\lambda^2 + \frac{n(n^2-2)}{8}\lambda^3\right]. \qquad [45']$$

Deuxième Cas. — *Le nombre* n *des charges contenues dans la travée est impair :* $n = 2n'' + 1$ *(fig. 13).* — L'une des charges du convoi se trouve alors au milieu de la travée.

Pour pouvoir appliquer la formule [33], il faut considérer le convoi générateur comme formé de la moitié de deux charges consécutives. Les valeurs particulières à adopter sont :

$$\Pi = P \qquad m = n'' \qquad r^2 = \frac{\lambda^2}{4};$$

$$\sum_i^s P = \sum_j^q P = \frac{P}{2};$$

$$\sum_i^s P\alpha^p = \sum_j^q P(\lambda - \alpha)^p = 0, \text{ lorsque } p > 0,$$

et l'on trouve :

$$f'' = \frac{(2n''+1)P}{48EI}\left[l^3 - 2n''(n''+1)\left[l - \frac{n''(n''+1)}{2n''+1}\lambda\right]\lambda^2\right]; \qquad [46]$$

ou, puisque $n = 2n'' + 1$:

$$f'' = \frac{nP}{48EI}\left[l^3 - \frac{n^2-1}{2}\left(l - \frac{n^2-1}{4n}\lambda\right)\lambda^2\right]. \qquad [46']$$

Il faudra, dans chaque cas particulier, calculer f' et f'', et faire la comparaison des deux résultats.

CHAPITRE II

CONVOI FORMÉ DE TOMBEREAUX DE 6 TONNES, TRAINÉS PAR 2 CHEVAUX

(Règlement du 29 aout 1891).

28. — Le règlement du 29 août 1891 prescrit, pour le calcul des ponts pour voies de terre, l'emploi d'un convoi formé de tombereaux de 6^{T}, traînés par 2 chevaux.

Les poids et les espacements des charges de ce convoi sont représentés sur la figure 15. On en déduit les valeurs suivantes du *poids spécifique* et de la *période*.

$$\Pi = 7^{T},4 \qquad \lambda = 8^{m}$$

Je supposerai que la poutre porte directement une file de tombereaux. Si cette hypothèse n'est pas réalisée, les résultats ci-après seront affectés d'un coefficient facile à déterminer dans chaque cas particulier.

§ 1er. — Travées dont la portée est un multiple de la période.

29. — Diagramme des moments maximums. — Soit n le degré de multiplicité de la travée ; on commencera par diviser la travée en périodes, et on calculera les moments de flexion dans les sections correspondant aux points de division. Si $m \times 8^{m}$ est la distance de l'une de ces sections à l'un des appuis, le moment se calculera par la formule [2] qui devient ici :

$$M = m\,(n - m)\ 29^{Tm},6. \qquad [47]$$

On tracera le polygone dont les sommets correspondent aux moments ainsi calculés *(fig. 17 et 18)*; puis on ajoutera aux ordonnées de ce polygone, et dans chaque période de la travée, celles qui représentent les moments maximums développés dans une travée de 8^{m} (application du théorème III).

Le moment est maximum dans une section de la poutre au passage d'un essieu de tombereau, sauf dans les sections ayant des abscisses multiples de 8^{m}, pour lesquelles la position du convoi est indifférente (théorème I).

Les plus grands moments développés dans une travée de 8^{m},

sont représentés dans la figure 16 ; on y trouve aussi les expressions algébriques de ces moments.

Le tableau suivant fournit les valeurs des moments M, définis par l'équation [47], pour des valeurs de m et de n suffisamment étendues.

m / n	1	2	3	4	5	6	7
	Moments de flexion dans les sections dont l'abscisse est $m \times 8^m$ la portée de la poutre étant $n \times 8^m$.						
	Tm						
2	29,6						
3	59,2	*Tm*					
4	88,8	118,4					
5	118,4	177,6	*Tm*				
6	148,0	236,8	266,4				
7	177,6	296,0	355,2	*Tm*			
8	207,2	355,2	444,0	473,6			
9	236,8	414,4	532,8	592,0	*Tm*		
10	266,4	473,6	621,6	710,4	740.0		
11	296,0	532,8	710,4	828,8	888,0	*Tm*	
12	325,6	592,0	799,2	947,2	1 036,0	1 065,6	
13	355,2	651,2	888,0	1 065,6	1 184,0	1 243,2	*Tm*
14	384,8	710,4	976,8	1 184,0	1 332,0	1 420,8	1 450,4

30. — Moments maximums maximorum. — Je ne donne que les résultats du calcul.

Premier Cas. — *La travée est un multiple pair de* 8^m : $n = 2n'$ *(fig. 17).* — Le moment est maximum maximorum dans les sections situées à 1,622 m de part et d'autre du milieu de la travée, et sa valeur est, en tonnes-mètres,

$$M' = 7{,}4n^2 + 2{,}432. \qquad [48]$$

Deuxième Cas. — *La travée est un multiple impair de* 8^m : $n = 2n'' + 1$ *(fig. 18).* — C'est au milieu de la portée qu'a lieu le moment maximum maximorum ; son expression se réduit à

$$M'' = 7{,}4n^2 + 5{,}475 \qquad [49]$$

On trouve dans le tableau suivant, calculées d'après les équations [48] et [49], les valeurs des moments maximums maximorum pour $n = 1, 2, 3 \ldots 14$, c'est-à-dire pour les portées variant de 8 m à 112 m par échelons de 8 m.

n	1	3	5	7	9	11	13
M''	*Tm* 12,875	*Tm* 72,075	*Tm* 190,475	*Tm* 368,075	*Tm* 604,875	*Tm* 900,875	*Tm* 1 256,075
n	2	4	6	8	10	12	14
M'	*Tm* 32,032	*Tm* 120,832	*Tm* 268,832	*Tm* 476,032	*Tm* 742,432	*Tm* 1 068,032	*Tm* 1 452,832

31. — DÉTERMINATION DE LA FLÈCHE. — Il suffit de considérer le convoi dans les positions symétriques qu'il peut occuper.

PREMIER CAS. — *La travée est un multiple pair de 8m* : $n = 2n'$ *(fig. 17)*. — Le minimum de r^2 est obtenu quand un essieu de tombereau arrive au milieu d'une période :

$$r^2 = \frac{10,5875}{7,4}.$$

La formule [13] donne alors :

$$f' = \frac{n^2(148n^2 + 43,31875)}{3EI}. \qquad [50]$$

Il faut avoir soin d'exprimer le coefficient d'élasticité E en tonnes par mètre carré.

DEUXIÈME CAS. — *La travée est un multiple impair de 8m* : $n = 2n'' + 1$ *(fig. 18)*.

Le minimum de r^2 et le maximum de φ se produisent tous les deux en même temps, lorsqu'un essieu de tombereau passe au milieu d'une période de la poutre; la flèche est maximum pour cette position du convoi.

Pour trouver sa valeur, j'applique la formule [16] en prenant :

$$r^2 = \frac{10,5875}{7,4}$$

$$-4\sum_{i}^{k} P\beta^3 + 4\sum_{k+1}^{q} P\beta^3 = 116,4625,$$

et j'obtiens :

$$f'' = \frac{n^2(148n^2 + 43,31875) + 20,99765625}{3EI}. \qquad [51]$$

32. — Comparaison avec la charge uniformément répartie $\frac{\Pi}{\lambda}$.— L'intensité de cette charge par mètre courant est ici :

$$\frac{7^{t},4}{8} = 0^{t},925.$$

Elle produirait, dans une travée dont la portée est $n \times 8^{m}$.

1° Un moment maximum maximorum égal à :

$$M''' = \frac{1}{8} \times \frac{7,4}{8} \times n^{2} \times 8^{2} = 7,4\, n^{2}. \qquad [52]$$

2° Une flèche égale à :

$$f''' = \frac{5 \times \frac{7,4}{8} \times n^{4} \times 8^{4}}{384EI} = \frac{148\, n^{4}}{3EI}. \qquad [53]$$

En comparant ces valeurs à celles qui ont été trouvées au numéro précédent dans le cas des charges réelles, on peut former le tableau suivant :

n	$\frac{M'}{M'''}$	$\frac{M''}{M'''}$	n	$\frac{f'}{f'''}$	$\frac{f''}{f'''}$
1		1,7399	1		1,4346
2	1,0819		2	1,0732	
3		1,0822	3		1,0343
4	1,0205		4	1,0183	
5		1,0296	5		1,0119
6	1,0091		6	1,00 1	
7		1,0151	7		1,0060
8	1,0051		8	1,0046	
9		1,0091	9		1,0036
10	1,0033		10	1,0029	
11		1,0061	11		1,0024
12	1,0023		12	1,0020	
13		1,0044	13		1,0017
14	1,0017		14	1,0015	

On peut voir, à l'inspection des chiffres de ce tableau, que l'on ne commettrait pas une grande erreur en substituant, aux charges réelles, une charge uniforme de $0^{t},925$ par mètre courant, pour le calcul des flèches des poutres dont la portée serait égale ou

supérieure à 32^m. L'erreur, qui est de 1,83 0/0 pour une portée de 32^m, diminue rapidement, et, pour une portée double, soit 64^m, elle n'est plus que de 0,46 0/0.

La différence entre les moments, très forte pour une portée de 8^m (74 0/0), diminue très rapidement, mais beaucoup moins cependant que celle relative aux flèches. On n'a pas, d'ailleurs, à considérer dans une travée uniquement le moment maximum maximorum, mais encore les moments maximums en chaque section de cette travée. Aussi ne pourra-t-on substituer la charge uniforme aux charges réelles, pour le calcul des moments, que dans des travées assez grandes.

33. — Remarque. — Les formules données ci-dessus pour les flèches ne seront pas, en pratique, d'une grande étendue, car elles supposent constante la section de la poutre. Dès que la portée atteint une valeur même modérée, il y a intérêt à donner à la poutre une section variable ; le moyen le plus simple et le plus rapide d'obtenir la flèche est alors d'opérer graphiquement. Toutefois, même dans ce cas, les formules précédentes pourront être de quelque utilité; car on pourra en tirer la valeur du moment d'inertie d'une poutre fictive, de même portée que celle considérée, mais de section constante, et qui prendrait la même flèche que la poutre réelle sous les mêmes charges. Comme vérification, ce moment d'inertie calculé devra être compris entre les valeurs extrêmes du moment d'inertie de la poutre à section variable.

§ 2e. — Travées dont la portée n'est pas un multiple de la période.

34. — Calcul des moments. — Si l'on fait $\Pi = 7^t,4$ et $\lambda = 8^m$ dans la formule [29], elle devient :

$$M = \frac{0,925}{2} x(l-x) + 4\frac{l-x}{l}\Delta + 4\frac{x}{l}\Delta' \qquad [34]$$

Avant de déterminer les charges Δ et Δ', il faut faire le tracé de la figure 6 pour chacune des charges du convoi générateur ; on reconnaît ainsi qu'il suffit de conserver le tracé relatif à un essieu de tombereau [16]. Donc, dans une section quelconque d'une travée quelconque, le moment est maximum sous un essieu de tombereau.

Si b est le reste de la division de x par 8^m,
b' — $l-x$ —
on sait que Δ est fonction de b, et Δ' fonction de b', Ces fonctions sont inscrites dans le tableau ci-après :

b	4Δ	b'	$4\Delta'$
	$3b - 0,4625\,b^2$		$3b' - 0,4625b'^2$
2,75 m	4,75234375	2,75 m	4,75234375
	$-1,925 + 3,7b - 0,4625b^2$		$-1,925 + 3,7b' - 0,4625b'^2$
5,25 m	4,75234375	5,25 m	4,75234375
	$-5,6 + 4,4b - 0,4625b^2$		$-5,6 + 4,4b - 0,4625b'^2$
8 m	0	8 m	0

On a ainsi tous les éléments nécessaires pour faire le calcul du moment maximum en un point quelconque.

37. — Calcul des flèches. — Les positions du convoi, symétriques par rapport au milieu de la travée, sont obtenues en plaçant en ce milieu :

1° Un essieu de tombereau ;
2° Le centre de l'attelage d'un tombereau.

Les figures 19 et 20 reproduisent tous les cas à considérer. Il y en a sept en tout, mais six distincts seulement, car le septième se ramène au quatrième.

Le tableau suivant donne les résultats de l'application de la formule [33] à chacun de ces cas.

Les formules de ce tableau sont absolument générales ; elles comprennent, en particulier, les cas étudiés au n° 31.

Je rappelle que m est la partie entière du quotient de la demi-portée $\frac{l}{2}$ par la période 8^m ; b est le reste de cette division.

POSITION du CONVOI	NUMÉROS DES CAS	FORMULES A EMPLOYER POUR LE CALCUL DE $12EIf$	LIMITES DE L'APPLICATION des formules
Essieu de tombereau au milieu de la travée (*fig. 19*).	1er	$(3,7m+1,5)l^3-473,6m^2(l-4m)$ $-192m^2(3l-16m)-176,1625m(l-8m)$.	$0<b<2,75\,m$
	2e	$(m+0,5)3,7l^3-473,6m^2(l-4m)$ $-236,8m^2(3l-16m)-268,5625\,m(l-8m)$ $-15,88125(l-16m)+29,115625$.	$2,75\,m<b$ $<5,25\,m$
	3e	$(3,7m+2,2)l^3-473,6m^2(l-4m)$ $-281,6m^2(3l-16m)-444,9625m(l-8m)$ $-73,7625(l-16m)+231,7$.	$5,25\,m<b<8\,m$
Centre de l'attelage au milieu de la travée (*fig. 20*).	4e	$(3,7ml^3-473,6\,m^2(l-4m)+86,6375m(l-8m)$.	$0<b<1.25\,m$
	5e	$(3,7m-0,35)l^3-473,6m^2(l-4m)$ $-44,8m^2(3l-16m)+44,6375m(l-8m)$ $-3,28125(l-16m)+2,734375$.	$1,25\,m<b<4\,m$
	6e	$(3,7m+3,35)l^3-473,6m^2(l-4m)$ $-428,8m^2(3l-16m)-1107,3625\,m\,(l-8\,m)$ $-291,28125\,(l-16\,m)+770,734375$.	$4\,m<b<6,75\,m$
	7e	Formule du 4e cas, dans laquelle on aurait remplacé m par $m+1$.	$6,75\,m<b<8\,m$

Pour faire le calcul de la flèche d'une poutre de portée déterminée, on aurait à appliquer deux formules, et à comparer ensuite les résultats.

Afin de lever cette indétermination, je donne, dans un dernier tableau, les résultats de l'application des formules précédentes aux portées variant de 0^m à $34^m,50$.

Pour les portées supérieures à $34,50\,m$, on pourra calculer les flèches en supposant la poutre soumise à une charge uniformé-

ment répartie de $0^{t},925$ par mètre courant. L'erreur résultant de cette substitution est inférieure à 2 0/0 ; elle est donc négligeable en pratique.

Il y a lieu de faire ici la même remarque qu'au n° 33.

POSITIONS du CONVOI	VALEURS de m	NUMÉROS DES CAS	FORMULES A EMPLOYER POUR LE CALCUL DE $12EI f$	PORTÉES LIMITES
Fig. 19.	0	1er	$1{,}5l^3$	5,50 *m*
		2e	$1{,}85l^3 - 15.88125l + 29{,}115625$	10,50 *m*
		3e	$2{,}2\ l^3 - 73{,}7625l + 231{,}7.$	12,2883 *m*
Fig. 20.	0	6e	$3{,}35l^3 - 291{,}28125l + 770{,}734375$	13,50 *m*
		7e	$3{,}7\ l^3 - 386{,}9625l + 1201{,}3$	
	1	4e		18,50 *m*
		5e	$4{,}05l^3 - 566{,}64375l + 2309{,}334375$	19,8821 *m*
Fig. 19.	1	1er	$5{,}2\ l^3 - 1225{,}7625l + 6375{,}7$	21,50 *m*
		2e	$5{,}55l^3 - 1468{,}44375l + 8114{,}915625$	26,50 *m*
		3e	$5{,}9\ l^3 - 1837{,}125l + 11371{,}6$	28,0605 *m*
Fig. 20.	1	6e	$7{,}05l^3 - 3158{,}64375l + 23045{,}334375$	29,50 *m*
		7e	$7{,}4\ l^3 - 3615{,}525l + 27538$	
	2	4e		34,50 *m*

CHAPITRE III

CONVOI FORMÉ DE CHARIOTS DE 16 TONNES, TRAINÉS PAR 8 CHEVAUX

(Règlement du 29 août 1891).

36. — La figure 21 représente les chariots de 16^{t}, dont le règlement du 29 août 1891 prescrit l'emploi pour le calcul des

ponts-routes. Les valeurs du *poids spécifique* et de la *période* sont ici

$$\Pi = 21^{T},6 \qquad \lambda = 16^{m}$$

Je supposerai encore ici que la poutre porte directement une file de chariots.

§ 1er. — Travées dont la portée est un multiple de la période.

37. — Diagramme des moments maximums. — Les moments maximums développés dans une travée de 16^{m} sont représentés, avec leurs expressions, sur la figure 22. Ils ont lieu, dans la moitié de gauche de la poutre, sous l'essieu de gauche du chariot ; dans la moitié de droite, sous l'essieu de droite.

La connaissance de ce diagramme particulier permet d'obtenir le diagramme des moments maximums dans une travée égale à $n \times 16^{m}$, dès que l'on aura déterminé les moments aux points de division de la travée en périodes. On opérera, pour cela, comme il a été indiqué au n° 29 pour les tombereaux de 6^{T} ; on obtiendra ainsi des diagrammes tels que ceux des figures 23 et 24.

La formule [2] devient ici

$$M = m\,(n - m)\ 172^{Tm},8 \qquad [53]$$

et le tableau suivant en est déduit.

m / n	Moments de flexion dans les sections dont l'abscisse est $m \times 16^{m}$, la portée de la poutre étant $n \times 16^{m}$.			
	1	2	3	4
	Tm			
2	172,8			
3	345,6	*Tm*		
4	518,4	691,2		4
5	691,2	1 036,8	*Tm*	
6	864,0	1 382,4	1 555,2	
7	1 036,8	1 728,0	2 073,6	*Tm*
8	1 209,6	2 075,6	2 592,0	2 764,8

38. — Moments maximums maximorum. — Voici les résultats de l'application des formules générales :

Premier Cas. — *La travée est un multiple pair de 16^{m} :* $n = 2n'$ *(fig. 23).* — Le moment est maximum maximorum dans les sections

situées à $2^m,213$ de part et d'autre du milieu de la travée ; sa valeur en tonnes-mètres est

$$M' = 43,2n^2 + 6,612 \qquad [56]$$

Deuxième Cas. — *La travée est un multiple impair de 16m :* $n = 2n'' + 1$ *(fig. 24).* — Les sections où a eu lieu le moment maximum maximorum sont à $0^m,75$ du milieu de la travée, et l'on a, dans ces sections,

$$M'' = 43,2n^2 + 16,559 \qquad [57]$$

Le tableau suivant a été calculé par les deux formules précédentes. Il fait connaître les plus grands moments de flexion dans les travées variant de 16 en 16 *m*, jusqu'à 128 *m*.

n	1	3	5	7
M''	*Tm* 59,759	*Tm* 405,359	*Tm* 1 096,559	*Tm* 2 133,359
n	2	4	6	8
M'	*Tm* 179,412	*Tm* 697,812	*Tm* 1 561,812	*Tm* 2 771,412

39. — Détermination de la flèche. — Il y a deux cas à distinguer :

Premier Cas. — *La travée est un multiple pair de 16m :* $n = 2n'$ *(fig. 23).* — Le minimum de r^2 est réalisé quand les deux essieux d'un chariot sont disposés symétriquement par rapport au milieu d'une période de la poutre :

$$r^2 = \frac{214,15}{21,6}$$

La formule [13'] fournit l'expression suivante de la flèche :

$$f = \frac{n^2(1152n^2 + 246,65)}{EI} \qquad [58]$$

Deuxième Cas. — *La travée est un multiple impair de 16m :* $n = 2n'' + 1$ *(fig. 24).* — La flèche est encore maximum lorsque les deux essieux d'un chariot sont à égale distance du milieu d'une pé-

riode, parce que cette position correspond au minimum de r^2 et au maximum de φ.

Pour appliquer la formule [16], on calcule d'abord :

$$r^2 = \frac{214,15}{21,6}$$

$$-4\sum_{i}^{k} P\beta^3 + 4\sum_{k+1}^{q} P\beta^3 = 4520,3,$$

et l'on trouve ensuite :

$$f'' = \frac{n^2(1152n^2+246,65)+110,4229166}{EI}. \qquad [59]$$

40. — Comparaison avec la charge uniformément répartie $\frac{\Pi}{\lambda}$. — L'intensité de cette charge par mètre courant est :

$$\frac{21^t,6}{16} = 1^t,35.$$

Les effets de cette charge, dans une travée égale à $n \times 16^m$, seraient :

1° Un moment maximum maximorum égal à :

$$M''' = \frac{1}{8} \times \frac{21,6}{16} \times n^2 \times 16^2 = 43,2n^2 ; \qquad [60]$$

2° Une flèche ayant pour expression :

$$f''' = \frac{5 \times \frac{21,6}{16} \times n^4 \times 16^4}{384\ EI} = \frac{1152n^4}{EI}. \qquad [61]$$

Le tableau suivant fait ressortir la comparaison de ces effets avec ceux des charges réelles.

n	$\frac{M'}{M'''}$	$\frac{M''}{M'''}$	n	$\frac{f'}{f'''}$	$\frac{f''}{f'''}$
1		1,38331	1		1,30996
2	1,00383		2	1,05353	
3		1,04259	3		1,02497
4	1,00096		4	1,01336	
5		1,01533	5		1,00872
6	1,00043		6	1,00595	
7		1,00782	7		1,00441
8	1,00024		8	1,00334	

Pour le calcul de la flèche, on pourra substituer aux charges réelles une charge uniforme de $1^{t},35$ par mètre courant, lorsque la portée sera supérieure à $3 \times 16^{m} = 48^{m}$.

§ 2. — Travées dont la portée n'est pas un multiple de la période.

41. — Calcul des moments. — En faisant $\Pi = 21^{t},6$ et $\lambda = 16^{m}$ dans la formule [29], on obtient :

$$M = \frac{1,35}{2} x (l - x) + 8 \frac{l - x}{l} \Delta + 8 \frac{x}{l} \Delta' \qquad [62]$$

Si l'on fait le tracé de la figure 6 pour chacune des charges du convoi générateur, on reconnaît que le moment ne peut être maximum que sous l'un des deux essieux d'un chariot. La figure 25 donne ce tracé pour l'essieu de gauche d'un chariot; celui relatif à l'essieu de droite serait symétrique. On en tire les tableaux des valeurs de Δ et de Δ' en fonction de b et b'.

b est le reste de la division de x par la période 16^{m},

b' — $l - x$ —

Ces tableaux suffisent pour calculer les moments à l'aide de la formule [62].

Il faudra, toutefois, chercher sous quel essieu le moment de flexion est maximum. Le procédé le plus simple consiste à calculer les valeurs des moments sous chacun des deux essieux; on conservera le plus grand d'entre eux.

MOMENT DE FLEXION SOUS L'ESSIEU DE GAUCHE D'UN CHARIOT

b	8Δ	b'	$8\Delta'$
m		*m*	
	$5,975b - 0,675b^{2}$		$2,025b' - 0,675b'^{2}$
2,75	11,3265625	3 »	0
	$-3,85 + 7,375b - 0,675b^{2}$		$-24 + 10,025b' - 0,675b'^{2}$
5,25	16,2640625	5,75	11,3265625
	$-11,2 + 8,775b - 0,675b^{2}$		$-32,05 + 11,425b' - 0,675b'^{2}$
7,75	16,2640625	8,25	16,2640625
	$-22,05 + 10,175b - 0,675b^{2}$		$-43,6 + 12,825b' - 0,675b'^{2}$
10,25	11,3265625	10,75	16,2640625
	$-36,4 + 11,575b - 0,675b^{2}$		$-58,65 + 14,225b' - 0,675b'^{2}$
13 »	0	13,25	11,3265625
	$-140,4 + 19,575b - 0,675b^{2}$		$-77,2 + 15,625b' - 0,675b'^{2}$
16 »	0	16 »	0

MOMENT DE FLEXION SOUS L'ESSIEU DE DROITE D'UN CHARIOT

b	8Δ	b'	$8\Delta'$
m		m	
	$2{,}025b - 0{,}675b^2$		$5{,}975b' - 0{,}675b'^2$
3 »	0	2,75	11,3265625
	$-24 + 10{,}025b - 0{,}675b^2$		$-3{,}85 + 7{,}375b' - 0{,}675b'^2$
5,75	11,3265625	5,25	16,2640625
	$-32{,}05 + 11{,}425b - 0{,}675b^2$		$-11{,}2 + 8{,}775b' - 0{,}675b'^2$
8,25	16,2640625	7,75	16,2640625
	$-43{,}6 + 12{,}825b - 0{,}675b^2$		$-22{,}05 + 10{,}175b' - 0{,}675b'^2$
10,75	16,2640625	10,25	11,3265625
	$-58{,}65 + 14{,}225b - 0{,}675b^2$		$-36{,}4 + 11{,}575b' - 0{,}675b'^2$
13,25	11,3265625	13 »	0
	$-77{,}2 + 15{,}625b - 0{,}675b^2$		$-140{,}4 + 19{,}575b' - 0{,}675b'^2$
16 »	0	16 »	0

42. — CALCUL DES FLÈCHES. — On obtiendra des positions symétriques du convoi en plaçant au milieu de la poutre :

1° Le centre d'un chariot ;

2° Le centre d'un attelage.

Tous les cas possibles ont été réunis dans les figures 26 et 27 ; il y en a quatorze en tout, mais le septième se ramène au premier et le quatorzième au huitième.

En outre, pour les très faibles portées, le maximum de la flèche est évidemment atteint quand la travée ne porte qu'un essieu de chariot, et que cet essieu est placé au milieu de la portée.

Le tableau (p. 369) donne les résultats de l'application de la formule [33] aux divers cas des figures 26 et 27. m est la partie entière du quotient de la demi-portée $\frac{l}{2}$ par la période 16^m ; b est le reste de cette division.

Dans l'application de ces formules à un cas particulier, on aurait à comparer les résultats relatifs aux deux positions symétriques du convoi. Le tableau (p. 370) permet de lever cette indétermination ; il comprend les portées variant de 0^m à $61^m{,}50$. Pour les portées supérieures à cette limite, on pourra supposer la poutre chargée d'une charge uniformément répartie et égale à $1^T{,}35$ par mètre courant, au lieu d'une file de chariots.

POSITIONS du convoi	NUMÉROS DES CAS	FORMULES A EMPLOYER POUR LE CALCUL DE $12EIf$	LIMITES DE L'APPLICATION des formules
Centre d'un chariot au milieu de la poutre *(fig. 26)*.	1er	$10{,}8ml^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 776{,}85m(l-16m)$	$0 < b < 1{,}50\ m$
	2e	$(10{,}8m+4)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 2\,048m^2(3l-32m) - 1\,928{,}85m(l-16m) - 54(l-32m) + 54$	$1{,}50\ m < b < 4{,}25\ m$
	3e	$(10{,}8m+4{,}7)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 2\,406{,}4m^2(3l-32m) - 2\,500{,}05m(l-16m) - 129{,}8625(l-32m) + 268{,}94375$	$4{,}25\ m < b < 6{,}75\ m$
	4e	$(10{,}8m+5{,}4)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 2\,764{,}8m^2(3l-32m) - 3\,407{,}25m(l-16m) - 321{,}225(l-32m) + 1\,130{,}075$	$6{,}75\ m < b < 9{,}25\ m$
	5e	$(10{,}8m+6{,}1)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 3\,123{,}2m^2(3l-32m) - 4\,650{,}45m(l-16m) - 680{,}5875(l-32m) + 3\,346{,}14375$	$9{,}25\ m < b < 11{,}75\ m$
	6e	$(10{,}8m+6{,}8)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 3\,481{,}6m^2(3l-32m) - 6\,229{,}65m(l-16m) - 1\,260{,}45(l-32m) + 7\,888{,}4$	$11{,}75\ m < b < 14{,}50\ m$
	7e	Formule du 1er cas, dans laquelle on aurait remplacé m par $m+1$.	$14{,}50\ m < b < 16\ m$
Centre d'un attelage au milieu de la poutre *(fig. 27)*.	8e	$10{,}8ml^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) + 739{,}95m(l-16m)$.	$0 < b < 1{,}25\ m$
	9e	$(10{,}8m+0{,}7)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 358{,}4m^2(3l-32m) + 571{,}95m(l-16m) - 6{,}5625(l-32m) + 5{,}46875$.	$1{,}25\ m < b < 3{,}75\ m$
	10e	$(10{,}8m+1{,}4)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 716{,}8m^2(3l-32m) + 67{,}95m(l-16m) - 65{,}625(l-32m) + 153{,}125$.	$3{,}75\ m < b < 6{,}50\ m$
	11e	$(10{,}8m+5{,}4)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 2\,764{,}8m^2(3l-32m) - 3\,924{,}05m(l-16m) - 1\,079{,}625(l-32m) + 4\,547{,}125$.	$6{,}50\ m < b < 9{,}50\ m$
	12e	$(10{,}8m+9{,}4)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 4\,812{,}8m^2(3l-32m) - 12\,220{,}05m(l-16m) - 3\,245{,}625(l-32m) + 18\,265{,}125$.	$9{,}50\ m < b < 12{,}25\ m$
	13e	$(10{,}8m+10{,}1)l^3 - 5\,529{,}6m^3(l-8m) - 5\,171{,}2m^2(3l-32m) - 13\,866{,}45m(l-16m) - 3\,875{,}8875(l-32m) + 23\,412{,}26875$.	$12{,}25\ m < b < 14{,}75\ m$
	14e	Formule du 8e cas, dans laquelle on aurait remplacé m par $m+1$.	$14{,}75\ m < b < 16\ m$

POSITIONS du CONVOI	VALEURS DE m	NUMÉROS DES CAS	FORMULES A EMPLOYER POUR LE CALCUL DE $12EI/$	PORTÉES LIMITES
Un essieu de chariot au milieu de la poutre.			$2l^3$	m 4,5962
Fig. 26.	0	2e	$4l^3 - 54l + 54.$	8,50
		3e	$4,7l^3 - 129,8625l + 268,94375$	13,50
		4e	$5,4l^3 - 321,225l + 1130,075$	18,50
		5e	$6,1l^3 - 680,5875l + 3346,14375$	23,50
		6e	$6,8l^3 - 1260,45l + 7888,4$	24,5068
Fig. 27.	0	13e	$10,1l^3 - 3875,8875l + 23412,26875$	29,50
		14e	$10,8l^3 - 4789,65l + 32397,6$	
	1	8e		34,50
		9e	$11,5l^3 - 6039,4125l + 46769,86875$	39,50
		10e	$12,2l^3 - 7677,675l + 68340,325$	39,7942
Fig. 26.	1	2e	$14,8l^3 - 13656,45l + 142416,4$	40,50
		3e	$15,5l^3 - 15378,7125l + 165666,94375$	45,50
		4e	$16,2l^3 - 17552,475l + 198635,675$	50,50
		5e	$16,9l^3 - 20230,2375l + 243711,34375$	55,50
		6e	$17,6l^3 - 23464,5l + 303545,2$	56,1161
Fig. 27.	1	12e	$20,2l^3 - 35433,675l + 515892,325$	56,50
		13e	$20,9l^3 - 38785,5375l + 579019,06875$	61,50

CHAPITRE IV

COMPARAISON ENTRE UN CONVOI DE TOMBEREAUX DE 6^{T} ET UNE CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE DE 400 *kg* PAR MÈTRE CARRÉ

(RÈGLEMENT DU 29 AOUT 1891).

43. — Le règlement du 29 août 1891 prescrit encore, pour le calcul des ponts-routes, l'emploi d'une surcharge uniformément répartie et égale à 400 *kg* par mètre carré.

Identiques sont les limites assignées à la fatigue du métal, sous l'action de la surcharge uniformément répartie et sous l'action des convois de tombereaux de 6^{T}. Il importe donc de pouvoir déterminer dans quels cas la prépondérance est acquise à l'une ou à l'autre de ces deux sortes de surcharge.

44. — Il est utile de mettre, ici, en évidence, certains résultats spéciaux à un convoi formé de tombereaux de 6^{T} :

1° En vertu du théorème II et des données du n° 28, les moments de flexion développés par ce convoi, — dans les sections ayant des abscisses multiples de 8^{m} et appartenant à une poutre dont la portée est aussi un multiple de 8^{m} — sont égaux à ceux que produirait dans les mêmes sections une charge uniformément répartie et égale à 0^{T},925 par mètre courant.

2° Dans toute section dont l'abscisse n'est pas multiple de 8 *m* et qui appartient à une poutre ayant une portée multiple de 8 *m*, — et dans une section quelconque d'une poutre dont la portée n'est pas multiple de 8^{m} — le moment de flexion développé par un convoi de tombereaux de 6^{T} est supérieur à celui que produirait dans ces sections une charge uniformément répartie de 0,925 *t* par mètre courant.

Cela résulte de ce que les deux derniers termes de la formule [54] sont positifs ; ils s'annulent seulement pour les sections telles que x et $l - x$ soient des multiples de 8^{m}.

45. — Lorsqu'on étudie une poutre d'un pont-route, on connaît le nombre K de files de tombereaux et la largeur L de chaussée qu'elle est appelée à supporter. Je désigne, sous le nom de *largeur réduite à une file* le quotient $\frac{L}{K}$:

$$L' = \frac{L}{K}. \qquad [63]$$

La charge, uniformément répartie par mètre courant de poutre, à comparer avec une file de tombereaux est :

$$p = 0{,}4\,L', \qquad [64]$$

et, pour que cette charge p atteigne la valeur de $0{,}925\,t$ dont il est question plus haut, il faut que la largeur L' soit égale à

$$L'_1 = \frac{0{,}925}{0{,}4} = 2^m{,}3125. \qquad [65]$$

Il est facile maintenant d'énoncer les propositions suivantes :

1° Si la largeur réduite à une file est inférieure à $2^m{,}3125$, les moments développés par les tombereaux de 6^T seront toujours supérieurs à ceux que produirait la surcharge de 400 *kg* par mètre carré ;

2° Si la largeur, réduite à une file, est égale à $2^m{,}3125$, il y a équivalence entre les deux sortes de surcharges, au point de vue des moments de flexion, mais seulement dans les sections pour lesquelles x et $l - x$ sont multiples de 8^m. Dans toute autre section, les tombereaux l'emportent sur la surcharge uniformément répartie ;

3° Si la largeur, réduite à une file, est supérieure à $2^m{,}3125$, il y aura lieu généralement de considérer les deux systèmes de surcharge.

Lorsque la largeur L' sera peu supérieure à $2^m{,}3125$, la surcharge de 400 *kg* sera prépondérante dans les sections pour lesquelles x et $l - x$ seront peu différents de multiples de 8^m.

Quand L' sera beaucoup plus grande que $2^m{,}3125$, les tombereaux ne l'emporteront sur la surcharge de 400 *kg* que pour les sections voisines des appuis des poutres.

46. — Afin de fixer les idées, j'ai représenté, sur la figure 28, les lignes de séparation de l'influence d'une file de tombereaux, et de celle d'une charge uniformément répartie de 1^T par mètre courant ; cette charge correspond à une largeur réduite de $2^m{,}50$. Le tracé a été fait en prenant pour coordonnées les distances x et $l - x$ des sections aux appuis ; en voici les résultats principaux :

Pour des portées inférieures à $14^m{,}4685$, les tombereaux sont seuls à considérer.

Il est nécessaire d'envisager les deux sortes de surcharge, lorsque la portée est comprise entre $14^m{,}4685$ et $24^m{,}1596$.

A partir de la portée de $24^m,1596$, l'influence des tombereaux se localise près des appuis, et elle diminue à mesure que la portée augmente.

OBSERVATIONS

47. — Dans les épreuves des ponts-routes, il est impossible de constituer des convois identiques à ceux qui sont imposés par le Règlement du 29 août 1891 pour l'étude de ces ouvrages. On cherche généralement à former des convois donnant sensiblement la même charge par mètre courant, c'est-à-dire que, ne pouvant obtenir rigoureusement les valeurs réglementaires du poids spécifique Π et de la période λ, on s'attache à conserver la valeur du quotient $\frac{\Pi}{\lambda}$. C'est, en effet, de ce quotient que dépendent, en grande partie, les efforts de flexion.

Mais le changement de période a une conséquence qu'il est utile de faire ressortir.

La charge, uniformément répartie, qui produirait les mêmes moments que l'un des convois réglementaires, est, en général, supérieure à $\frac{\Pi}{\lambda}$; elle n'est égale à ce minimum que pour les sections telles que x et $l - x$ soient multiples de la période λ; la position de ces sections particulières ne dépend donc que de λ.

Si l'on donne à ces sections des dimensions strictement nécessaires pour résister au convoi réglementaire considéré, et si l'on soumet ensuite la poutre à l'action d'un convoi obtenu en modifiant Π et λ, mais en conservant au quotient $\frac{\Pi}{\lambda}$ sa valeur primitive; le minimum de la charge uniforme équivalente sera bien toujours $\frac{\Pi}{\lambda}$, mais il n'aura pas lieu dans les mêmes sections; au contraire, les sections déterminées par la période réglementaire subiront des efforts supérieurs à ceux qui auront servi de base au calcul de leurs dimensions. La même observation s'applique évidemment aux sections avoisinantes.

Il faudra donc, en pratique, donner un excès de résistance aux sections pour lesquelles x et $l - x$ seront des multiples de λ, et à celles qui en sont rapprochées. Cela est important, surtout pour les portées qui sont des multiples pairs de la période *(fig. 17* et *23)*.

48. — L'insuffisance de résistance, qui peut exister pour les sections déterminées par la période 8^m d'un convoi de tombereaux de 6^T, est atténuée en partie par l'usage du convoi de chariots de 16^T. Elle ne l'est pas complètement, parce que la période de ce dernier convoi est 16^m, multiple de 8^m.

A ce point de vue, il y aurait eu intérêt à ce que la période de l'un des convois réglementaires ne fût pas multiple de la période de l'autre.

49. — Les applications aux convois réglementaires pour ponts-routes de la théorie des convois périodiques permettront de traiter sans difficulté tout autre convoi analogue. On pourra, par exemple, étudier de la même façon un train de machines ; et ce cas peut se présenter pour un ouvrage situé près d'un dépôt de locomotives.

NOTE ANNEXE

SUR L'ÉVALUATION DES DÉFORMATIONS DANS LES POUTRES DROITES D'ÉLASTICITÉ ET DE SECTION CONSTANTES.

I. — Soient :

E et I le coefficient d'élasticité et le moment d'inertie de la section transversale, supposés constants, de la poutre considérée AB *(fig. 29)* ;

y' l'ordonnée en un point C d'abscisse x', de la ligne moyenne déformée par des forces extérieures verticales.

Le produit EIy' est égal au moment de flexion qui serait développé au point C par une charge fictive continue, dont l'intensité aurait pour valeur, en chaque point, le moment de flexion M provenant des forces réelles appliquées à la poutre.

Cela résulte de la relation fondamentale des poutres droites :

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = -M$$

et de ce que les ordonnées sont nulles aux deux points d'appui.

On a donc la formule générale.

$$EIy' = \frac{l-x'}{l}\int_0^{x'} Mx\,dx + \frac{x'}{l}\int_{x'}^{l} M(l-x)\,dx \qquad [I]$$

II. — Je considère d'abord *(fig. 29)* la poutre AB soumise à deux charges isolées, P_1 et P_2, appliquées en deux points, D et E, situés de part et d'autre de la section C, et dont les abscisses sont respectivement a_1 et a_2.

On a les expressions suivantes pour le moment de flexion M :

1° En tout point d'abscisse x_1 compris entre A et D,

$$M_1 = \frac{x_1}{l}\left[P_1(l-a_1) + P_2(l-a_2)\right]; \qquad [II]$$

2° En tout point d'abscisse x_2 compris entre D et E,

$$M_2 = \frac{l-x_2}{l} P_1 a_1 + \frac{x_2}{l} P_2(l-a_2); \qquad [III]$$

3° En tout point d'abscisse x_3 compris entre E et B,

$$M_3 = \frac{l-x_3}{l}\left[P_1 a_1 + P_2 a_2\right]. \qquad [IV]$$

L'équation générale [I] prend dans ce cas la forme suivante :

$$Iy' = \begin{cases} \dfrac{l-x'}{l}\left[\dfrac{P_1(l-a_1)+P_2(l-a_2)}{l}\displaystyle\int_0^{a_1} x_1^2 dx_1 + \dfrac{P_1 a_1}{l}\int_{a_1}^{x'}(l-x_2)x_2 dx_2 + \dfrac{P_2(l-a_2)}{l}\int_{a_1}^{x'} x_2^2 dx_2\right] \\ + \dfrac{x'}{l}\left[\dfrac{P_1 a_1}{l}\displaystyle\int_{x'}^{a_1}(l-x_2)^2 dx_2 + \dfrac{P_2(l-a_2)}{l}\int_{x'}^{a_2} x_2(l-x_2)dx_2 + \dfrac{P_1 a_1 + P_2 a_2}{l}\int_{a_2}^{l}(l-x_3)^2 dx_3\right] \end{cases}$$

En effectuant les intégrations, on trouve :

$$Iy' = \begin{cases} \dfrac{l-x'}{l}\left[\dfrac{P_1(l-a_1)+P_2(l-a_2)}{l}\times\dfrac{a_1^3}{3} + \dfrac{P_1 a_1}{l}\left(l\dfrac{x'^2-a_1^2}{2} - \dfrac{x'^3-a_1^3}{3}\right)\right. \\ \left. + \dfrac{P_2(l-a_2)}{l}\times\dfrac{x'^3-a_1^3}{3}\right] \\ + \dfrac{x'}{l}\left[\dfrac{P_1 a_1}{l}\left[l^2(a_2-x') - l(a_2^2-x'^2) + \dfrac{a_2^3-x'^3}{3}\right] + \dfrac{P_2(l-a_2)}{l}\left(l\dfrac{a_2^2-x'^2}{2} - \dfrac{a_2^3-x'^3}{3}\right)\right. \\ \left. + \dfrac{P_1 a_1 + P_2 a_2}{l}\left[l^2(l-a_2) - l(l^2-a_2^2) + \dfrac{l^3-a_2^3}{3}\right]\right] \end{cases}$$

et, toutes réductions faites :

$$EIy' = \left[\begin{array}{l} \dfrac{x'(l-x')(2l-x')}{6l} P_1 a_1 - \dfrac{l-x'}{6l} P_1 a_1^3 - \dfrac{x'^3}{6} P_2 \\ + \dfrac{x'(2l^2+x'^2)}{6l} P_2 a_2 - \dfrac{x'}{2} P_2 a_2^2 + \dfrac{x'}{6l} P^2 a_2^3 \end{array}\right]. \qquad [V]$$

III. — Je suppose maintenant que la poutre AB porte un système de charges tel que $P_i \dots P_k$, $P_{k+1} \dots P_q$ *(fig. 30)*. Les charges $P_i \dots P_k$ sont comprises entre l'appui A et la section C; celles $P_{k+1} \dots P_q$ entre la section C et l'appui B.

En appliquant le principe de la superposition des effets des forces, la formule [V] donne immédiatement :

$$EIy' = \left[\begin{array}{l} \dfrac{x'(l-x')(2l-x')}{6l} \sum_i^k Pa - \dfrac{l-x'}{6l} \sum_i^k Pa^3 - \dfrac{x'^3}{6} \sum_{k+1}^q P \\ + \dfrac{x'(2l^2+x'^2)}{6l} \sum_{k+1}^q Pa - \dfrac{x'}{2} \sum_{k+1}^q Pa^2 + \dfrac{x'}{6l} \sum_{k+1}^q Pa^3 \end{array}\right], \quad [VI]$$

équation à laquelle on peut encore donner la forme :

$$EIy' = \left[\begin{array}{l} -\dfrac{x'^3}{6} \sum_i^q P + \dfrac{x'(2l^2+x'^2)}{6l} \sum_i^q Pa - \dfrac{x'}{2} \sum_i^q Pa^2 + \dfrac{x'}{6l} \sum_i^q Pa^3 \\ + \dfrac{x'^3}{6} \sum_i^k P - \dfrac{x'^2}{2} \sum_i^k Pa + \dfrac{x'}{2} \sum_i^k Pa^2 - \dfrac{1}{6} \sum_i^k Pa^3 \end{array}\right]. \quad [VI']$$

IV. — Transformation de l'équation [VI]. — Au lieu de fixer la position des charges par leurs distances a à l'appui A, on peut se donner leurs distances c à la section C.

Les distances c seront considérées comme positives pour les charges situées à droite de la section C, négatives pour celles situées à sa gauche. On aura donc, d'une façon générale :

$$a = x' + c. \quad [VII]$$

En faisant la substitution dans l'équation [VI], celle-ci devient :

$$EIy' = \left[\begin{array}{l} \dfrac{x'^2(l-x')^2}{3l} \sum_i^q P + \dfrac{x'(l-x')(l-2x')}{3l} \sum_i^q Pc \\ - \dfrac{x'(l-x')}{2l} \sum_i^q Pc^2 - \dfrac{l-x'}{6l} \sum_i^k Pc^3 + \dfrac{x'}{6l} \sum_{k+1}^q Pc^3 \end{array}\right]. \quad [VIII]$$

V. — Flèche. — L'expression de la flèche, ou ordonnée de la ligne moyenne au milieu de la poutre, s'obtiendra en faisant dans l'équation [VIII] $x' = \dfrac{l}{2}$. On a ainsi :

$$12EIf = \frac{l^3}{4} \sum_i^q P - \frac{3l}{2} \sum_i^q Pc^2 - \sum_i^k Pc^3 + \sum_{k+1}^q Pc^3. \quad [IX]$$

Il est bien entendu que les charges P_k et P_{k+1} sont situées de part et d'autre du milieu de la travée, et que les signes à attribuer aux distances c sont ceux indiqués au n° IV.

VI. — Position d'un convoi correspondant au maximum de la flèche. — Si le système des charges est mobile, il faut chercher la position pour laquelle la flèche est maximum. Cette position sera déterminée si l'on connaît la distance γ, au milieu de la poutre, du centre de gravité du convoi *(fig. 31)*.

Je désignerai, en outre, par δ les distances des charges à leur centre de gravité.

Dans ces conditions, l'équation [IX] peut s'écrire :

$$12EIf = \frac{l^3}{4}\sum_{i}^{q} P - \frac{3l}{2}\sum_{i}^{q} P(\gamma+\delta)^2 - \sum_{i}^{k} P(\gamma+\delta)^3 + \sum_{k+1}^{q} P(\gamma+\delta)^3,$$

d'où :

$$12EI\,\frac{df}{d\gamma} = -3l\sum_{i}^{q} P(\gamma+\delta) - 3\sum_{i}^{k} P(\gamma+\delta)^2 + 3\sum_{k+1}^{q} P(\gamma+\delta)^2.$$

En annulant cette dérivée, on a une équation qui fournit l'inconnue γ. En observant que $\sum_{i}^{q} P\delta = 0$, cette équation se réduit à :

$$\gamma^2\left[\sum_{k+1}^{q} P - \sum_{i}^{k} P\right] - \gamma\left[l\sum_{i}^{q} P - 2\left(\sum_{k+1}^{q} P\delta - \sum_{i}^{k} P\delta\right)\right] + \left[\sum_{k+1}^{q} P\delta^2 - \sum_{i}^{k} P\delta^2\right] = 0. \quad [X]$$

Il est bien évident qu'une seule des racines conviendra à la question; mais il faudra s'assurer, en outre, qu'elle correspond bien à un maximum. La condition est :

$$\frac{d^2f}{d\gamma^2} < 0,$$

ou :
$$\frac{l}{2}\sum_{i}^{q} P > \gamma\left[\sum_{k+1}^{q} P - \sum_{i}^{k} P\right] + \left[\sum_{k+1}^{q} P\delta - \sum_{i}^{k} P\delta\right]. \qquad [XI]$$

VII. — Cas ou les charges sont symétriques d'intensité et de position, par rapport au milieu de la travée. — Cette position correspond toujours à un maximum analytique de la flèche.

En effet, l'équation [X] devient une identité, car on a dans ce cas :

$$\gamma = 0 \qquad \text{et} \qquad \sum_{k+1}^{q} P\delta^2 = \sum_{i}^{k} P\delta^2.$$

De plus,

$$\sum_{k+1}^{q} P = \sum_{i}^{k} P = \frac{1}{2}\sum_{i}^{q} P \qquad \text{et} \qquad \sum_{k+1}^{q} P\delta = -\sum_{i}^{k} P\delta,$$

par suite l'inégalité [XI] se réduit à :

$$\frac{l}{2}\sum_{i}^{q} P > 2\sum_{k+1}^{q} P\delta.$$

En désignant par γ' la distance, au milieu de la travée, du centre de gravité des charges $P_{k+1} \dots P_q$, on peut écrire :

$$\frac{l}{2}\sum_{i}^{q} P > 2\gamma' \sum_{k+1}^{q} P,$$

ou :

$$\frac{l}{2}\sum_{i}^{q} P > 2\gamma' \times \frac{1}{2}\sum_{i}^{q} P,$$

ou enfin :

$$\frac{l}{2} > \gamma', \qquad \text{[XII]}$$

inégalité toujours satisfaite, puisque le centre de gravité des charges $P_{k+1} \dots P_q$ ne peut pas être en dehors de la travée.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Pages.

Théorie 331

Préliminaires 331

CHAPITRE I. — Travées dont la portée est un multiple de la période. . . . 333

CHAPITRE II. — Travées dont la portée n'est pas un multiple de la période. . 343

DEUXIÈME PARTIE

Applications 349

CHAPITRE I. — Convoi formé d'une série de charges égales et équidistantes. . 349

CHAPITRE II. — Convoi formé de tombereaux de 6 *t*, trainés par 2 chevaux (Règlement du 29 août 1891) 356

CHAPITRE III. — Convoi formé de chariots de 16 *t*, trainés par 8 chevaux (Règlement du 29 août 1891). 363

CHAPITRE IV. — Comparaison entre un convoi de tombereaux de 6 *t* et une charge uniformément répartie de 400 *kg* par mètre carré (Règlement du 29 août 1891) 371

OBSERVATIONS. 373

NOTE ANNEXE

Sur l'évaluation des déformations dans les poutres droites d'élasticité et de section constantes. 374

MÉMOIRE

SUR UNE

GRUE ÉLECTRIQUE A PORTÉE VARIABLE

MONTÉE SUR TRUCK AUTOMOBILE

PAR

Émile ÉVERS

L'application de l'énergie électrique aux appareils de levage, et tout particulièrement aux grues étant une des questions les plus intéressantes de notre époque, nous pensons être agréable à nos Collègues, en leur communiquant un mémoire sur un de nos derniers travaux, qui consistait à transformer un type de grue à vapeur, dont les bonnes qualités étaient depuis longtemps reconnues, en une grue à appareillage électrique.

Nous diviserons notre mémoire en quatre chapitres :

CHAPITRE PREMIER

Grue à vapeur.

A. — Description sommaire.

Le type de grue à vapeur qu'il s'agissait de modifier se composait de deux bâtis verticaux en fonte, réunis à la partie inférieure par une entretoise formant lunette dans laquelle passe le pivot soutenant tout ce système, et à la partie supérieure une autre entretoise dont la partie centrale forme crapaudine destinée à recevoir l'extrémité supérieure du pivot.

Les entretoises sont en fonte, solidement boulonnées avec les bâtis, et le pivot est en acier doux.

De chaque côté extérieur des bâtis sont fixés horizontalement les cylindres à vapeur, dont les tiges de piston attaquent par l'intermédiaire des bielles, les boutons des manivelles calées sur l'arbre premier moteur, lequel traverse le devant des bâtis dans des paliers à rattrapage de jeu.

Levage. — Sur l'arbre premier moteur est claveté un pignon à frictions coniques, qui transmet au moyen d'une roue similaire calée sur l'arbre intermédiaire et d'un pignon denté, le mouvement à la roue dentée montée sur l'arbre du tambour.

Cet arbre intermédiaire est fixé, du côté du pignon denté, dans un palier ordinaire, et de l'autre dans un coussinet excentré lequel est manœuvré par un levier fixé sur un collier encadrant le coussinet, et permettant ainsi d'obtenir, suivant la position donnée, les mouvements suivants :

1° Ouverture de la valve de prise de vapeur, mise en marche de la machine ;

2° Adhérence des roues de friction, levage du fardeau ;

3° Fermeture de la valve de prise de vapeur, arrêt de la machine ;

4° Déadhérence des roues de friction, amenage du fardeau, freinage contre le sabot fixé sur le bâti au-dessus de la roue de friction.

Orientation. — Le mouvement d'orientation de la grue sur son pivot s'obtient au moyen de pignons coniques, montés fous sur l'arbre premier moteur, et engrenant avec une roue conique, clavetée sur un arbre vertical, lequel, par l'intermédiaire d'une série d'engrenages, attaque un pignon engrenant avec une couronne fixe dentée, montée concentrique à l'axe du pivot.

Le mouvement de droite ou de gauche est obtenu au moyen d'un embrayage à friction conique, qui est manœuvré par un levier placé à portée du machiniste.

Manœuvre de la flèche. — Le mouvement de levée ou d'amenage de la flèche s'obtient par l'intermédiaire des frictions coniques de l'orientation, et d'une roue dentée clavetée au-dessous et sur l'arbre de la roue conique, laquelle attaque au moyen d'un pignon à embrayage monté sur un arbre vertical parallèle au pivot, et d'une série d'engrenages coniques, une vis sans fin montée sur un arbre latéral à un bâti, et dont la roue dentée est clavetée sur l'arbre des tambours d'enroulement des chaînes de haubans de flèche.

Translation du truck. — Quant au mouvement de translation du truck, on l'obtient au moyen d'un arbre vertical faisant suite à celui portant la roue conique, et jonctionné à ce dernier par un

embrayage, puis d'une série d'engrenages coniques venant transmettre le mouvement aux essieux des roues porteuses.

La vapeur était fournie par une chaudière Field montée à l'extrémité des longerons en fer plat, et dont le poids, ainsi que celui du cendrier en fonte, équilibre la charge placée sous le crochet.

Ce genre de grues, employé depuis de longues années, tant à poste fixe, que sur ponton ou sur truck, a toujours donné entière satisfaction, tant au point de vue du fonctionnement que de la durée; mais devant les progrès toujours croissants de l'électricité, il était tout indiqué de chercher à modifier ce type, en lui conservant ses dispositions essentielles, ainsi que ses rapports d'engrenages, et en lui enlevant seulement sa chaudière et sa machine motrice; c'est ce que nous allons traiter dans ce deuxième chapitre de notre mémoire.

B. — Calculs d'établissement de la grue a vapeur.

Diamètre d'un cylindre à vapeur	0,170 *m*
Course d'un piston	0,200 *m*
Nombre de cylindres	2
Nombre de tours de la machine	165
Rapport des roues de friction	1 à 1,66
Rapport des engrenages	1 à 5
Nombre de tours du tambour d'enroulement	20
Vitesse de levage de la charge	0,395
Poids levé	2 000 *kg*
Surface de chauffe de la chaudière	11 m^2
Surface de grille	0,50 m^2
Timbre	8 *kg*

CHAPITRE II.

Grue électrique.

C. — Description sommaire.

A première vue, la grue électrique que nous allons décrire est en tous points semblable, quant aux mouvements à obtenir, à celle ci-dessus; comme elle, deux leviers seulement servent à sa manœuvre.

1° Un levier horizontal fixé sur le collier du coussinet excentré de l'arbre intermédiaire ;

2° Un levier vertical, fixé sur l'arbre de commande du manchon d'embrayage conique de l'orientation.

Aussi tous les mouvements furent-ils conservés à leur même place ; seuls les bâtis furent modifiés et écartés afin de permettre la fixation de la dynamo sur l'avant de la grue entre le pivot et la flèche.

Le courant dont on disposait pour actionner la dynamo étant un courant continu de 250 volts, et l'arbre premier moteur ne devant tourner qu'à 150 tours environ, pour conserver les vitesses données par la vapeur, on fut conduit à employer comme réceptrice une dynamo multipolaire intensive de Desroziers, qui d'un autre côté offrait par sa forme même, quelques avantages pour s'adapter dans l'espace restreint destiné à la recevoir et que l'on ne pouvait augmenter à l'infini.

La dynamo était fixée sur une plaque en fonte boulonnée entre les bâtis ; l'isolement était obtenu par une semelle en bois intercalée entre la dynamo et la plaque, les boulons étaient isolés ainsi que le coussinet placé dans le bâti.

La dynamo fut donc calculée pour tourner à 720 tours par minute sous une différence de potentiel de 250 volts.

Le rapport du pignon calé sur l'arbre de la dynamo à la roue intermédiaire étant de 1 à 3,05, l'intermédiaire tournait à 246 tours.

Le rapport de l'intermédiaire à la roue calée sur l'arbre premier moteur étant de 1 à 1,65, il en résultait que l'arbre premier moteur tournait à 149 tours, vitesse approchant de celle donnée par la vapeur.

Le courant était fourni par une station centrale distante de 1 *km* environ et était amené par une ligne aérienne, servant en même temps à l'éclairage.

La prise de courant de la grue se faisait sur le côté du truck, dans une petite boîte aménagée à cet effet, puis les fils venaient aboutir à un collecteur circulaire fixé autour du pivot entre le dessous de l'entretoise inférieure de la grue et la plate-forme du truck.

Sur ce collecteur, deux frotteurs métalliques, fixées sur la face inférieure de l'entretoise du bas, venaient prendre le courant pour l'envoyer dans un appareil distributeur placé sous le levier de manœuvre du coussinet excentré.

Ce distributeur se composait d'un cadran circulaire à touches métalliques sur lesquelles venait frotter une aiguille métallique manœuvrée par le levier du coussinet excentré, au moyen d'un engrenage conique.

Chaque touche était en communication avec un rhéostat placé sous le longeron du contrepoids et dans lequel passait le courant avant d'aller à la dynamo.

Par suite de cette disposition, suivant que le machiniste manœuvrait le levier pour obtenir plus ou moins de résistance, la dynamo tournait plus ou moins vite.

L'interrupteur général, le voltmètre, l'ampèremètre et les coupe-circuits étaient disposés sur un tableau de distribution en face du machiniste qui pouvait lire de suite la différence du potentiel et l'intensité du courant.

D. — Calculs d'établissement de la grue

I. — *Vitesse de levage*

Nombre de tours de la dynamo . . .	720 à la minute		
Pignon calé sur l'arbre de la dynamo.	18	dents diam. primitif	172,5
Roue intermédiaire en bronze. . . .	55	— —	527
Rapport.	1 à 3,05		
Nombre de tours de l'intermédiaire .	246 à la minute		
Roue calée sur l'arbre premier moteur.	91	dents diam. primitif	872
Rapport	1 à 1,65		
Nombre de tours de l'arbre premier moteur	149		
Frictions coniques.			
Diamètre au contact de la roue calé sur l'arbre premier moteur.	380 *mm*		
Diamètre au contact de la roue calé sur l'intermédiaire.	570		
Rapport.	1 à 1,5		
Nombre de tours de l'arbre intermédiaire.	225		
Pignon calé sur l'arbre intermédiaire.	13	dents diam. primitif	199
Roue calée sur l'arbre du tambour. .	65	— —	994
Rapport.	1 à 5		
Nombre de tours de l'arbre du tambour	45		

Diamètre du tambour d'enroulement de la chaîne.	320 *mm*
Chaîne de.	18 *mm*
Diamètre moyen de l'enroulement au centre de la chaîne.	380
Vitesse d'enroulement	0,900 à la seconde
La poulie de charge étant mouflée, la charge monte à raison de.	0,450 à la seconde

II. — *Vitesse d'orientation.*

Pignons coniques sur l'arbre premier moteur	15 dents; diam. primitif 150
Roue conique calée sur l'arbre vertical.	45 — — 450
Rapport.	1 à 3
Nombre de tours de l'arbre vertical d'orientation	50
Pignon calé sur l'arbre vertical . . .	20 dents; diam. primitif 280
Roue sur arbre intermédiaire	59 — — 760
Rapport.	1 à 2,95
Nombre de tours de l'arbre portant le pignon engrenant sur la couronne .	17 à la minute
Pignon engrenant avec la couronne. .	13 dents; diam. primitif 111,85
Couronne dentée.	98 — — 1,683
Rapport.	1 à 7,55
Nombre de tours de la grue par minute.	2,26

III. — *Levage de la flèche.*

Roue calée sur l'arbre vertical. . . .	49 dents; diam. primitif 466
Pignon calé sur l'arbre vertical intermédiaire	27 — — 256
Rapport.	1 à 1,81
Nombre de tours de l'arbre vertical intermédiaire	27,5 l'arbre
Nombre de tours de l'arbre vertical d'orientation.	50
Pignon conique calé sur l'arbre vertical intermédiaire.	17 dents; diam. primitif 163
Pignon conique calé sur l'arbre transversal horizontal.	23 — — 221
Rapport.	1 à 1,36

Nombre de tours de l'arbre transversal horizontal	20 tours
Pignon calé sur l'arbre transversal horizontal	17 dents; diam. primitif 163
Pignon calé sur l'arbre latéral horizontal	23 — — 221
Rapport	1 à 1,36
Nombre de tours de l'arbre latéral horizontal portant la vis sans fin	14,7, soit 15 tours
Roue dentée, actionnée par la vis sans fin et calée sur l'arbre du tambour de la chaine des haubans de flèche	20 dents; diam. primitif 280
Nombre de tours de la roue dentée par minute	3/4 de tour
Diamètre du tambour d'enroulement de la chaine des haubans	195
Au milieu du maillon	260
Vitesse d'enroulement	1 *cm* à la seconde

IV. — *Vitesse d'avancement du truck.*

Nombre de tours de l'arbre vertical de l'orientation	50
Pignon conique calé sur le dit arbre	12 dents; diam. primitif 141
Roue conique calée sur l'arbre longitudinal du truck	20 — — 217
Rapport	1 à 1,66
Nombre de tours de l'arbre longitudinal du truck	30
Les essieux sont commandés par des engrenages coniques de mêmes diamètres; donc ils tournent à raison de	30 tours par minute
Diamètre d'une roue porteuse au contact du rail	600
Vitesse d'avancement à la seconde	940
Soit	3 360 *m* à l'heure

CHAPITRE III

Équilibre de la grue.

E. — Description du mode d'équilibre.

Dans la grue à vapeur, la chaudière et ses accessoires, les caisses à eau et à charbon, fixés à l'extrémité des longerons, font équilibre au poids suspendu au crochet de charge; ces organes étant supprimés, il fallait, pour équilibrer la grue électrique, un dispositif tout autre; celui qui paraissait le plus simple, était l'adoption d'un poids fixe installé à la place des organes enlevés. Mais en étudiant la question, il nous a paru original d'établir un contrepoids mobile faisant équilibre à chaque charge et par suite obligé de se déplacer sur les longerons; nous fûmes ainsi conduit à construire l'appareil suivant, basé sur l'hydrostatique.

Ce système, que nous avons fait breveter, est une application du principe de Pascal qui dit: qu'une pression exercée sur une masse liquide se transmet en tous les sens avec la même intensité, sur toute surface proportionnelle à celle qui reçoit la pression initiale et faisant partie de cette masse liquide.

La pression est exercée sur la masse liquide (eau, huile ou glycérine) renfermée dans un cylindre, par la traction de la chaîne de charge, mouflée à cet effet et dont le dormant est appliqué sur la tête de tige de piston.

Le piston compresseur se meut dans un cylindre couché sur la flèche, la masse liquide prise entre le piston et le fond supérieur est en communication par un ajutage à robinet et un tuyautage, avec la partie inférieure, d'un, deux ou plusieurs cylindres dont la surface totale des pistons est plus grande que la surface du piston compresseur.

Sous l'influence de la charge, la masse liquide est comprimée entre le piston et le fond supérieur du cylindre, trouvant une issue, elle transmet son travail aux pistons des cylindres compressés, dont les tiges commandent directement le contrepoids de la grue, qui mobile, se déplace alors sur les longerons.

Le contrepoids s'écartera d'autant plus de l'axe de la grue que la charge sera plus forte.

La charge étant amenée, le contrepoids mobile, par suite même de la position inclinée des longerons, redescendra par son propre poids, refoulera la masse liquide dans le cylindre compresseur, et l'appareil se trouvera prêt à fonctionner de nouveau.

Sur le tuyau de communication du cylindre compresseur avec les cylindres compressés est placé un ajutage à robinet, sur lequel vient se fixer le tuyau d'un manomètre de pression, lequel indique la pression existante dans l'appareil, et, par suite, le poids suspendu au crochet, la pression étant d'autant plus énergique que le poids soulevé sera lourd ; ainsi installé, le machiniste peut se rendre compte à chaque manœuvre de la charge levée.

F. — Calcul d'établissement du fonctionnement de l'appareil équilibreur.

Charge sous le crochet . . . . . 1 500 *kg*
Charge sur le piston compresseur, la chaîne de charge étant monfiée 750 *kg*, plus le poids de la chaîne. 70 = 820 *kg*
Travail absorbé par les frottements, 10 0/0 d'un travail réel sur le piston compresseur. . . . . 742 *kg*
Diamètre du piston compreseur . . 240 Section 453 cm^2
Diamètre du plongeur . . . . . 120 — 113 cm^2
Section soumise à la charge. . . . . 453 — 113 = 340 cm^2
Pression par centimètre du piston . . . . . $\frac{742}{340}$ = 2,180 *kg*
Diamètre du piston compressé. . . . . 190 Section 283 cm^2
Soit pour les deux pistons. . . . . 566 cm^2
Rapport des surfaces des pistons . . . . . $\frac{566}{340}$ = 1,66

Piston sur le $742 \times 1{,}66 = 1\,240$ *kg*, ou en comptant 2,180 dans l'intérieur de l'appareil :

$$566 \times 2{,}18 = 1\,240 \text{ kg}.$$

Pression réelle en diminuant 20 0/0 pour les frottements = 1 000 *kg*.
Volume du cylindre compresseur 45 *l*.
Volume des cylindres compressés 45 *l*, plus 2,2 *l* pour les tuyaux.
Poids maximum du contrepoids mobile, 6 000 *kg*.
Inclinaison des longerons 3°, soit 50 *mm* par mètre.
Effort nécessaire pour déplacer le contrepoids :

Sur palier. . . . $6\,000 \times 0{,}055 = 330$ *kg*
Sur rampe de 3°. $6\,000 \times \sin 3° = 312$
Effort total. 642 *kg*

Reste disponible : 1 000 — 642 = 358 *kg*.

Le contrepoids se compose d'un wagonet en tôle et cornières, monté sur galets roulant sur les rails fixés sur les longerons et rempli de gueuse de fonte.

Le profil des rails est une succession de petites rampes calculées de façon qu'aux plus grandes charges correspondent les plus fortes rampes; ainsi 330 *kg* étant l'effort de traction sur palier et augmentant de 1 *kg* par tonne et par millimètre d'inclinaison, les efforts seront:

Rampes de	50 °/₀	= 50 *mm*	× 6 *t*	= 300 *kg*	+ 330	= 630 *kg*
—	60	= 60	× 6	= 360	+ 330	= 690
—	70	= 70	× 6	= 420	+ 330	= 750
—	80	= 80	× 6	= 480	+ 330	= 810
—	90	= 90	× 6	= 540	+ 330	= 870
—	100	= 100	× 6	= 600	+ 330	= 930 *kg*

Comme l'effort disponible est de 1 000 *kg* pour une charge de 1 500 *kg*, la rampe de 100 sera la dernière du profil, et par conséquent, la plus écartée de l'axe de la grue.

Pour contre-balancer la flexion au pivot, quatre galets de roulement sont disposés sur les côtés de la grue, deux à l'avant du côté de la flèche, deux à l'arrière du côté du contrepoids, et ces galets diminuent les bras de levier, tant de la résistance que de la puissance.

G. — Flèche.

La flèche est construite pour une portée maximum de 11 *m* et un minimum de 7 *m*.

Elle est formée de deux poutres à treillis, ayant le profil d'un solide d'égale résistance, en cornières longitudinales de 70 × 70 × 9 entrecroisées par des bandes de fer plat de 100 × 9, et cornières 50 × 50,5, et réunies par des entretoisées supérieure et inférieure en fer plat de 50 × 6; son poids est 2 400 *kg*; des supports avec rouleaux pour chaînes de levage sont disposés sur la longueur de la flèche; à la partie inférieure, sur une tôle reliant les deux côtés latéraux de la flèche, est fixé le cylindre compresseur.

L'effort de traction sur les haubans pour lever la flèche, celle-ci étant horizontale, est de 24 500 *kg*.

A 45°, l'effort de traction sur les haubans est de 10 500 *kg*, et à 60°, de 8 500 *kg*.

CHAPITRE IV

H. — Essais.

Les essais furent faits avec une benne de tôle chargée de gueuses de fonte :

1° La flèche étant à une portée de 9 *m*, la benne fut remplie de fonte jusqu'à concurrence d'une charge complète de 1 760 *kg*.

Levage de cette charge :

200 volts, 60 ampères, soit 12 000 watts ou 16,5 *ch*.

Dynamo tournant à 600 tours.

Vitesse de levage, 0,380.

Orientation de cette charge :

220 volts, 25 ampères, soit 5 500 watts ou 7,5 *ch*.

Dynamo tournant à 630 tours, soit 1,95 tour de grue par minute.

2° Amené la charge de 1 760 *kg* à terre, décroché la benne et orienté sans charge.

Fait 3 tours à droite en 1 minute 28 secondes.

224 volts, 25 ampères = 5 580 watts = 7,6 *ch*.

Fait 3 tours à gauche en 1 minute 28 secondes 2/5.

225 volts, 24 ampères = 5 580 watts = 7,6 *ch*.

dynamo tournant à 650, soit 2 tours 3 de grue par minute ;

3° Abaissé la flèche pour une portée de 13 *m*.

230 volts, 15 ampères = 3 450 watts = 4,7 *ch*.

4° Chargé la benne pour 765 *kg*.

Levage de cette charge :

218 volts, 35 ampères = 7 700 watts = 10,4 *ch*.

5° Chargé la benne pour un poids de 1 265 *kg*.

Levage de cette charge :

230 volts, 57 ampères = 13 200 watts = 18 *ch*.

6° Orienté la charge de 1 265 *kg*.

670 tours à la dynamo.

220 volts, 40 ampères = 8 800 watts = 12 *ch*.

7° Amené la benne à terre, décroché et orienté à vide.

1 tour complet en 29 secondes.

228 volts, 20 ampères

665 tours à la dynamo, le démarrage a pris 30 ampères, et à la fin de la course, il n'y avait plus que 15 ampères ;

8° Remonté la flèche pour obtenir une portée de 11 *m*
205 volts, 52 ampères = 10 700 watts = 14,6 *ch.*
600 tours à la dynamo.

9° Monté la chaine seule sans charge.
230 volts, 15 ampères = 3 450 volts = 4,5 *ch.*
670 tours à la dynamo.

L'essai de translation ne put être fait faute de place sur la voie, où était montée la grue.

Les démarrages se faisaient sans secousses, et sans étincelles.

I. — Avantages et conclusions.

Les avantages qu'offre ce système de grue sont les suivants :

1° Suppression de la chaudière, de ses accessoires et du tuyautage ;

2° Suppression des cylindres à vapeur, mouvements, moteurs et distributeurs ;

3° Suppression des dangers occasionnés par la gelée, rupture de pompes et de tuyautage ;

4° Suppression des dangers d'explosion, coups de feu, et autres ennuis inhérents aux chaudières à vapeur ;

5° Mise en route instantanée, puisqu'il suffit de se brancher sur une canalisation électrique ;

6° Conduite beaucoup plus facile, le machiniste n'ayant plus à s'occuper de la chauffe ;

7° Entretien moindre, par suite de la suppression des joints, nettoyage de chaudières, garniture de presse-étoupes.

Quant au prix de premier établissement, il est sensiblement le même qu'avec la vapeur ; car si d'un côté, la chaudière et la machine motrice sont supprimées, nous avons une dynamo, un rhéostat, un distributeur, une prise de courant, tous appareils d'un prix assez élevé et demandant à être établis avec beaucoup plus de soins, et surtout à être protégés de l'humidité ; à cet effet, la grue est enfermée dans une cabine en tôles et cornières.

Néanmoins, nous voyons ce genre de grues se répandre de plus en plus, et pour ne citer que le Havre où la Chambre de Commerce, sur l'avis de notre éminent Collègue, M. Delachanal, Ingénieur en chef des services techniques de cette Chambre, l'a

adopte pour le service de sept de ses grues à charbon ; en attendant qu'elle l'applique à ses autres engins.

Depuis cette construction, nous avons étudié un treuil électrique destiné, dans notre pensée, à remplacer à bord des steamers les treuils à vapeur installés sur les ponts pour la manutention des marchandises et la manœuvre dans les ports.

Amené par notre situation dans un port de mer à nous occuper souvent de steamers, nous avons depuis longtemps reconnu l'inconvénient des treuils à vapeur, et surtout de leur tuyautage qui encombrant le pont, sont des causes d'ennuis continuels, par les fuites, les ruptures, les refroidissements dus à la condensation extérieure, malgré les soins pris pour les protéger.

Aussi, dès 1887, nous avions envoyé à l'Exposition maritime du Havre, un travail complet sur l'application de l'hydraulique aux manœuvres des marchandises à bord des steamers.

Depuis cette époque, l'électricité ayant toujours progressé, et son emploi comme éclairage se répandant de plus en plus en marine, le moment nous paraît propice pour l'application des treuils électriques, ce qui simplifierait énormément les installations actuelles, et nous espérons, dans un prochain mémoire, pouvoir communiquer à nos Collègues les résultats de nos études sur ce sujet.

CHRONIQUE

N° 213

SOMMAIRE : Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives *(suite)*. — Histoire de l'éclairage artificiel *(suite et fin)*. — Un train rapide. — Brouette perfectionnée.

Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives *(Suite)*. — Si on admet que le frottement entre les rails et les roues est de 22 0/0 du poids adhérent et que 10 0/0 de l'effort développé sur les pistons sont absorbés par les résistances internes de la machine, comme il a été exposé plus haut, on en conclura que l'effort théorique à la circonférence des roues motrices ne doit pas dépasser 25 0/0 de la pression que celles-ci exercent sur les rails. Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs du rapport de l'effort maximum à l'effort moyen pour divers degrés d'admission et divers taux de pression à la fermeture, pour une longueur de bielle de trois fois la course. Pour d'autres longueurs, les différences avec les chiffres donnés dans le tableau seraient peu sensibles.

Pressions à la fermeture de l'admission	Degrés d'admission							
	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
7,08 *kg*	1,52	1,32	1,17	1,11	1,13	1,17	1,19	1,20
14,16 *kg*	1,47	1,30	1,11	1,09	1,12	1,15	1,17	1,20
Moyenne approximative. .	1,50	1,31	1,13	1,10	1,12	1,16	1,18	1,20

La position du point où s'exerce le maximum de l'effort à la circonférence varie d'environ 15° de part et d'autre de l'angle de 45°.

Il résulte de ce qui précède que, pour prévenir le patinage, il faut que l'effort moyen ne dépasse pas sensiblement 22 0/0 pour que l'effort maximum à la circonférence ne dépasse pas les 25 0/0 indiqués ci-dessous et on voit que cette condition est satisfaite sauf aux admissions de 1/8 et 1/4, mais alors on peut admettre que la vitesse de rotation étant généralement assez considérable à ces faibles admissions, l'inertie des roues et des pièces tournantes empêchera le patinage de se produire.

Le mémoire dont nous nous occupons contient un diagramme donnant le rapport de la pression moyenne effective à la pression initiale pour divers taux d'admission et de vitesses, nous ne pouvons reproduire ce diagramme dont on se fera facilement l'idée. La pression moyenne effective ainsi obtenue ne devra pas dépasser $\frac{0{,}22\,Pa\,D}{d^2 l}$, Pa étant la

charge exercée par les roues motrices sur les rails. On obtiendra donc la relation générale :

$$1{,}1 \text{ (somme des résistances par tonne)} \times P = \text{ou} < 0{,}22\ Pa,$$

dans laquelle P représente le poids total du train, moteur compris.

En 1887, une commission de l'Association américaine des Master Mechanics émit l'opinion que le coefficient de frottement entre les roues et les rails pouvait être compté à 25 0/0 pour les machines à voyageurs et à 23 pour les machines à marchandises. En proposant l'emploi de cette valeur, la Commission recommandait de prendre le diamètre des roues avec les bandages à demi-usés, au lieu de le prendre avec les bandages neufs, comme on le faisait auparavant, pour le calcul de l'effort de traction.

Avec cette modification, on arrive à 24 0/0 pour les machines à voyageurs et 22 0/0 pour les machines à marchandises avec le diamètre maximum, de sorte qu'on peut compter, pour les deux cas, sur un chiffre de 22 0/0 sans risque sérieux d'erreur.

Le volume de vapeur se détermine facilement par les dimensions des cylindres et le degré d'admission et le poids de vapeur par la pression à la fermeture et la densité de la vapeur correspondant à cette pression. Il n'est pas nécessaire d'insister sur ce point. Il faut ajouter toutefois que le poids de vapeur ainsi trouvé est le poids de vapeur sensible à l'indicateur et doit être augmenté de 25 0/0 environ pour tenir compte de la condensation initiale et des diverses autres causes de perte. De plus, on affectera le poids ainsi obtenu du coefficient de 1,2 pour avoir le poids d'eau nécessaire compté en vapeur à 100° obtenue avec de l'eau à la même température.

Les explications précédentes nous mettent à même de calculer le travail que peut effectuer une locomotive de dimensions données ou, inversement, de calculer les dimensions principales d'une locomotive devant effectuer un travail donné, du moment qu'on connaît le combustible qui sera employé.

Prenons, par exemple, une locomotive du type dit à 10 roues (3 essieux accouplés et un bogie), ayant des cylindres de 483×610, des roues de 1 524 *m*, une pression à la chaudière de 10,12 *kg*, une grille de 2,60 m^2 et une charge de 45 *t* exercée par les trois essieux moteurs sur les rails.

On brûle du charbon de Pocahontas. La machine doit remorquer un train de voyageurs de 300 *t* brutes (272 *t* métriques), à 48 *km* à l'heure sur une rampe de 70 pieds par mille, soit 14 0/00.

On cherchera d'abord la résistance du train. D'après le tableau donné précédemment, et en interpolant, on trouvera une résistance en palier de 4,20 *kg* pour 48 *km*, plus 14,0 pour la rampe, total 18,2 *kg* par tonne, soit un total de $18{,}2 \times 272 = 4\,950$ *kg*, et, en multipliant par 1,1 pour avoir l'effort rapporté aux pistons, 5 440 *kg*.

La pression moyenne effective sur les pistons sera :

$$\frac{5\,440 \times D}{d^2 l} = 5{,}90\ kg.$$

Cette pression moyenne, avec la pression à la chaudière donnée ci-dessus, correspond à 67 0/0 de la pression à la chaudière.

Pressions moyennes effectives.	Pressions initiales					
	100	120	140	160	180	200
—	—	—	—	—	—	—
60	20	17	14	12	11	10
40	40	33	29	25	22	20
60	60	50	43	37	33	30
80	80	67	57	50	44	40
100	100	83	71	62	56	50
120		100	86	75	67	60
140			100	87	78	70
160				100	89	80
180					100	90
200						100

On trouve d'après un diagramme que nous ne donnons pas, mais dont le tableau ci-dessus constitue un résumé, qu'avec le tiroir à canal dit d'Allen dont la machine est munie, ce rapport correspond à une admission de 50 0/0 environ de la course. A ce taux et avec une vitesse de rotation de 160 tours par minute correspondant à 48 *km* à l'heure, la pression à la fermeture sera de 78 0/0 de la pression initiale, c'est-à-dire $10{,}12 \times 0{,}78 = 7{,}9$ *kg*.

Si on calcule le volume de vapeur contenu dans les cylindres pour la fraction de course indiquée, en tenant compte de l'espace neutre compté en moyenne à 8 0/0, en multipliant ce volume par le poids spécifique de la vapeur à la pression à la fermeture, on trouve, en affectant ce poids des divers coefficients indiqués plus haut, un poids de vapeur égal à 15 560 *kg* par heure.

En comptant une vaporisation de 6,5 seulement par unité de poids de combustible pour tenir compte de la très grande activité de la vaporisation, on trouve $\frac{15\,560}{6{,}5} = 2\,934$ *kg* pour le poids de combustible à brûler à l'heure, ce qui, avec une grille de 2,6 m^2 de surface, donne une combustion de 920 *kg* par mètre carré de grille et par heure. C'est, dit le rapport, à peu près le maximum de ce que peut faire la machine.

Un autre exemple est celui de la locomotive-tender qui dessert le plan incliné de Madison Hill. Cette machine a des cylindres de $0{,}560 \times 0{,}711$ *m*, des roues de 1,27 *m* de diamètre, une pression de 10,5 *kg*, une surface de grille de 2,51 m^2 et une de chauffe de 155, des tiroirs ordinaires avec des lumières de 0,456 *m* de longueur; elle remorque des trains de 187,5 *t* de poids brut sur une rampe de 59,5 0/00 à une vitesse de 16 *km* à l'heure. Dans ces conditions, on marche à 50 0/0 d'admission et on dépense de 260 à 280 *kg* de charbon de Pittsburg par voyage aller et retour y compris les manœuvres aux extrémités.

Procédons comme ci-dessus. La résistance en palier étant 2,0 *kg* et la résistance en rampe de 59,5, le total par tonne est de 61,5 et l'effort de $61{,}5 \times 187{,}5 = 11\,530$ *kg*, soit un effort de $11\,530 \times 1{,}1 = 12\,680$ *kg*, rap-

porté aux pistons. La pression moyenne effective sur ceux-ci ressortira à $\frac{12\,680 \times 1,27}{560^2 \times 0,711} = 7,3$ *kg*.

Comme la vitesse, à 16 *km*, ne correspond qu'à 67 tours de roues par minute, la pression à la boîte à tiroir est à peu près égale à la pression à la chaudière et la pression moyenne en représente 69 0/0, ce qui donne une admission d'environ 56 0/0. La pression à la fermeture sera de 0,79 de la pression à la chaudière, soit 8,3 *kg*.

En procédant comme précédemment, on trouvera un poids de vapeur par heure égal à 11 140 *kg* et, avec une vaporisation de 7 d'eau pour 1 de combustible, un poids de charbon de $\frac{11\,140}{7} = 1\,600$ *kg* par heure, ce qui donne 637 *kg* de charbon par mètre carré de surface de grille et par heure et 10,3 *kg* par heure et par mètre carré de surface de chauffe. La montée durant à peu près 10 minutes, la dépense est de $\frac{1\,600}{6} = 266$ *kg*, ce qui correspond assez exactement avec les chiffres donnés plus haut et communiqués par M. Bush, Ingénieur de la traction de la compagnie.

Avant d'aller plus loin, il n'est pas inutile de faire remarquer que les conditions excessives de fonctionnement dans lesquelles se trouvent les deux locomotives dont nous venons de nous occuper les rendent naturellement assez peu économiques. La première exerçant un effort de traction de 4 950 *kg* à la vitesse de 48 *km* à l'heure, ou 13,33 *m* par seconde, développe un travail de 880 *ch*, ce qui donne une consommation d'eau de $\frac{15\,560}{880} = 17,7$ *l* par cheval et par heure et une consommation de combustible de $\frac{17,7}{6,5} = 2,72$ *kg* pour la même unité.

Dans le second exemple, les consommations sont un peu inférieures ; le travail, avec 11 530 *kg* d'effort de traction et 4,44 *m* de vitesse par seconde ou 16 *km* à l'heure, est de 683 *ch*, ce qui donne une consommation de 16,3 *kg* d'eau et de 2,31 *kg* de charbon par cheval et par heure. La chaudière produit dans cet exemple $\frac{683}{155} = 4,40$ *ch* et vaporise $4,40 \times 16,3 = 71,7$ *kg* d'eau par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Pour brûler 637 et 920 *kg* de combustible par mètre carré de surface de grille et par heure, il faut un tirage extrêmement actif et il est à regretter que la note dont nous nous occupons ne fournisse aucun renseignement sur ce point important. Il est néanmoins facile de comprendre que de la vapeur ayant encore 7 à 8 *kg* de pression en cylindre à la fermeture des lumières et détendue à moins du double, si on tient compte de l'espace neutre, conserve encore à sa sortie une pression assez considérable pour produire l'échappement si violent qu'on constate dans les locomotives américaines, et qui est nécessaire pour créer l'appel énorme d'air qu'exigent les taux de combustion que nous venons d'indiquer.

Seulement, cette utilisation intensive *de la machine* entraîne naturellement une utilisation moins favorable *du combustible*. *(A suivre.)*

Histoire de l'éclairage artificiel *(suite et fin).* — Le gaz artificiel (pour le distinguer du gaz naturel) fut extrait pour la première fois de la houille, en 1738, par Clayton, en Angleterre (1). En 1792, Murdock éclaira sa maison et son bureau, à Redruth, en Cornouailles, avec du gaz de houille. En 1798, il éclaira par le même procédé quelques-uns des ateliers de l'usine de Soho. En 1802, Lebon éclaira sa maison et proposa d'éclairer les rues de Paris par le gaz. En 1803, un des théâtres de Londres fut éclairé par ce procédé; de même *Pall Mall*, en 1807. La première installation de réverbères à gaz fut faite, en 1813, sur le pont de Westminster, à Londres. En 1815, des rues de Paris et de Londres étaient éclairées au gaz. Baltimore en 1816, Boston en 1820 et New-York en 1825 furent les premières villes américaines qui adoptèrent le nouvel éclairage.

Le plus ancien type de bec à gaz est un bec à trois trous, appelé en anglais « Cock-spur », qui donne une flamme longue et instable, affectée par le plus léger mouvement de l'air. Le bec dit en aile de chauve-souris ou bec fendu, que nous appelons bec papillon, donnant une flamme plate en forme d'éventail, date de 1816. Le bec en queue de poisson, connu sous le nom de Manchester, avec deux trous dont les axes forment un angle de 60°, de manière à donner une flamme aplatie, fut inventé vers 1822. Ces becs, tout en donnant une flamme plus stable, utilisaient mieux le gaz.

D'autres perfectionnements ont accru le rendement du premier bec, de façon à lui faire donner de 16,6 à 3,09 bougies par pied cube de gaz, soit 1 bougie avec 17 à 10 *l*, tandis que le second donne actuellement de 3,01 à 4 bougies par pied cube, soit 1 bougie pour 9,5 à 7 *l* de gaz. Le rendement varie toutefois grandement avec diverses circonstances et surtout avec la pression du gaz. Pour chaque genre de bec, il y a une pression à laquelle correspond le maximum d'effet utile. Ainsi, un bec en queue de poisson donnera, par exemple, 1 bougie avec 9,5 *l* de gaz à la pression de 12,5 *mm* d'eau, et ne la donnera plus qu'avec 25 *l* à la pression de 75 *mm*. De 80 à 90 0/0 des becs employés en Angleterre sont des becs en queue de poisson ou becs fendus.

Le bec d'Argand, introduit dans l'éclairage à l'huile en 1784, a été employé avec diverses modifications pour l'éclairage au gaz. Il donne, pour la même quantité de gaz, plus de lumière que les becs à flamme aplatie, mais il a l'inconvénient d'exiger l'emploi d'un verre. On a inventé une quantité de systèmes à régénération ou récupération pour augmenter l'éclat de la flamme par le chauffage préalable de l'air ou du gaz ou des deux. Les principaux appareils de ce genre sont ceux de Siemens, de Wenham et de Schulke. On peut dire, à titre de comparaison, que la même quantité du même gaz donnera 14 bougies avec un bec à flamme plate, 17 avec un bec Argand, 30 avec un bec Schulke, 35 avec un bec Wenham et 40 avec un bec Siemens.

Pour pouvoir bien apprécier les raisons qui ont conduit au nouveau progrès qui va être exposé, il est nécessaire d'examiner comment la lu-

(1) Il est bien entendu que nous laissons à l'auteur américain l'entière responsabilité des faits et dates donnés par lui. A. M.

mière se produit avec la bougie, la lampe à huile et le bec à gaz ordinaire. La flamme n'est pas autre chose qu'une masse de gaz à très haute température qui emportent par convection 80 0/0 et plus de la chaleur produite. Cette flamme doit son pouvoir éclairant à des particules de carbone qui ont échappé à la combustion et qui sont chauffées à l'incandescence. Si la combustion était complète, la flamme ne donnerait pas de lumière; c'est ce qui se produit avec le brûleur de Bunsen. La flamme constitue un foyer de médiocre efficacité, et les particules portées à l'incandescence n'utilisent qu'une faible partie de la chaleur totale. Si on prend comme mesure de l'effet utile le rapport de l'énergie lumineuse agissant sur les organes visuels à l'énergie totale dépensée, cet effet utile pour une lampe à huile ou un bec de gaz ne dépassera pas 0,1 à 0,3 0/0.

Les récents progrès introduits dans l'éclairage au gaz sont basés sur un principe consistant à produire la combustion complète et à utiliser la chaleur développée à chauffer à l'incandescence un corps solide convenablement choisi. La première application paraît avoir été la lumière de Drummond dans laquelle on chauffe au blanc un bâton de chaux avec la flamme oxyhydrique ou celle qui provient de la combustion du gaz d'éclairage par l'oxygène. Après l'invention du bec Bunsen, on a essayé de l'appliquer à ce mode d'éclairage. En 1881, Clamond s'en servit pour chauffer une corbeille de magnésie, et, en 1882, Victor Popp pour chauffer une corbeille de platine(1). En 1883, Somzee obtenait une belle lumière avec des capsules perforées de chaux ou de magnésie poreuse recouverte de zircone. En 1883, Fuhnehjelm chauffait au gaz à l'eau des crayons de magnésie en forme de peignes; ces crayons duraient de 80 à 150 heures. Ce procédé a été employé sur une certaine échelle en Amérique. En 1890, le même inventeur a rendu ces crayons plus durables en mélangeant la magnésie avec des oxydes de chrome, de wolfram, de manganèse, de cobalt, de nickel et de cuivre, isolés ou combinés.

En 1891, Haitinger a employé l'alumine et l'oxyde de chrome ou de manganèse mélangés intimement et soumis à une température élevée. On obtenait ainsi une lumière jaune rougeâtre très brillante. En 1893, Hirschfield s'est servi d'une corbeille de sulfate d'alumine mélangé à de l'oxyde de chrome.

Le bec Auer paraît être le type le plus perfectionné de brûleur à incandescence. Carl Auer de Welsbach, élève de Bunsen à l'Université de Heidelberg, commença à s'occuper d'éclairage en 1880 et arriva à créer son système bien connu à manchon. Ce manchon est constitué par un tissu de coton très fin roulé en forme de mèche cylindrique annulaire et trempé dans une solution de sels de lanthane, de zircone et

(1) Au sujet de l'éclairage par incandescence, il est impossible de ne pas rappeler l'éclairage de la ville de Narbonne réalisé vers 1856 par Gillard avec le gaz à l'eau brûlant sous des corbeilles de platine et qui exista pendant plusieurs années. Un fait moins connu, mais également à signaler, est un éclairage installé, en 1869, rue du Temple, à Paris, et qui dura également plusieurs années, par R. d'Hurcourt, ancien membre de la Société et Ingénieur gazier de grande réputation; cet éclairage était obtenu par la combustion d'un mélange d'air et de gaz circulant dans les conduites et brûlant sous des corbeilles de platine. A. M.

d'yttrium. Le manchon est exposé au feu, le coton est brûlé et il ne reste qu'un manchon ou corbeille annulaire métallique.

La première patente anglaise d'Auer remonte à 1885. L'inventeur substitua l'année suivante l'oxyde de thorium seul ou mélangé d'alumine aux sels précédemment employés par lui, ce qui prolonge la durée des manchons et augmente de 20 à 30 0/0 l'intensité de la lumière.

Ces becs ont été employés en nombre considérable en Europe et en Amérique. Dans ce dernier pays, ils paraissaient avoir beaucoup baissé dans la faveur publique, lorsqu'en 1892 un bec Auer perfectionné est apparu et a eu un très grand succès ; il s'en emploie d'énormes quantités. Le principal perfectionnement est dans la composition du manchon. Le tissu de coton est imprégné d'une dissolution de 98 0/0 d'oxyde de thorium et de 2 0/0 de cerium. Après que le coton a été brûlé, le manchon est trempé dans une solution faible de caoutchouc ou de collodion pour lui permettre de supporter le transport. Ce manchon est suspendu au-dessus d'un bec Bunsen et devient incandescent, présentant une colonne d'un blanc éblouissant de 25 *mm* de diamètre sur 75 de hauteur. On obtient environ 60 bougies avec une consommation de gaz de 70 *l* à l'heure, soit 1,15 *l* par bougie.

Le développement de la lumière électrique est relativement si récent et si connu d'ailleurs qu'il est inutile d'entrer dans de grands détails à son sujet. On attribue généralement la découverte de la lumière à arc à Sir Humphry Davy qui la fit connaître publiquement en 1803. Il semble cependant que E.-G. Robertson exhiba un arc électrique jaillissant entre deux charbons dès 1802 ; mais on répond que Davy avait fait connaître l'arc en 1800.

Le développement de la lumière électrique fut très lent tant qu'on ne disposa pour produire le courant que de piles. En 1838, Jobard, de Bruxelles, publia la description d'une lampe à incandescence formée de conducteurs en charbon placés dans le vide. En 1844, Foucault, de Paris, fit une lampe à arc réglée à la main et, l'année suivante, Wright, en Angleterre, patenta un régulateur à mouvement d'horlogerie.

Moses G. Farmer éclaira régulièrement, pendant le mois de juillet 1859, sa résidence de Salem, Mass, au moyen de lampes électriques à incandescence.

Les appareils pour produire de l'électricité par des moyens mécaniques s'étaient peu à peu développés depuis la découverte de Faraday en 1831 et, en 1857, le professeur Holmes proposa d'éclairer quelques-uns des phares des côtes d'Angleterre avec des lampes à arc dont le courant serait fourni par des machines. Après quelques délais, ce projet fut partiellement mis à exécution et, le 6 juin 1862, la lumière électrique brilla sur le phare de Dungeness. Les mêmes applications se firent également en France. Les lampes et les machines se perfectionnèrent rapidement.

En 1878, l'avenue de l'Opéra, à Paris, fut éclairée à la lumière électrique. La même année, Ch. F. Brush inventa la lampe à arc différentielle qui permit de faire fonctionner un certain nombre de lampes en série.

Sawyer, Man, Edison et autres inventeurs, avaient travaillé la ques-

tion des lampes à incandescence et, en 1880, Edison en présenta un modèle pratique. Il commença alors l'installation d'une station centrale et, le 4 septembre 1882, la station de Pearl Street fournit pour la première fois le courant pour un éclairage régulier par lampes à incandescence.

Depuis cette époque, le développement a été rapide, car, en 1896, il y avait aux États-Unis, 2 500 stations centrales d'éclairage, 200 installations municipales et 7 500 installations particulières, le tout représentant un capital d'au moins 2 1/2 milliards de francs. Il y a environ 500 000 lampes à arc employant par an 200 millions de crayons et on fabrique par jour de 50 à 75 000 lampes pour fournir au renouvellement et à l'extension dans l'éclairage à incandescence.

Après ce développement historique, intéressant bien que renfermant de nombreuses lacunes, l'auteur étudie les principes sur lesquels repose l'éclairage artificiel; nous pourrons peut-être en donner prochainement un résumé.

Un train rapide. — Le train régulier qui a la marche la plus rapide dans le monde est probablement celui qui, sur l'Atlantic City R. R., aux États-Unis, dessert tous les jours Camden et Atlantic City N. J., partant de Philadelphie à 3 h. 40 pour arriver à Atlantic City à 4 h. 40. Ce train est désigné sous le nom de train de soixante minutes. Entre Philadelphie et Camden, il faut traverser la Delaware en ferry-boat, 8 minutes sont allouées pour ce passage, il reste donc 52 minutes pour franchir les 55 1/2 milles, soit 89,4 *km* qui séparent Camden d'Atlantic City, la vitesse minima moyenne de ce train est donc de 103,2 *km* à l'heure. Nous disons minima parce que la traversée de la rivière peut durer un peu plus longtemps et il reste moins de temps pour le trajet au chemin de fer. Ainsi, le 2 juillet dernier, par suite de diverses circonstances, le train est parti de 4 minutes en retard de Camden et le parcours a été fait en 48 minutes, ce qui porte la vitesse moyenne à 111,66 *km* à l'heure.

Le train se composait d'une voiture dite *combination car* pesant 25,9 *t* métriques, de trois voitures à voyageurs pesant 26,8 *t* chacune et d'un salon Pullmann de 38,7 *t*, soit un poids total de 145 tonnes. Il était traîné par la machine n° 1027 de l'Atlantic City R. R., locomotive compound à 4 cylindres, système Vauclain, construite aux ateliers Baldwin. Cette machine a deux paires de roues accouplées de 2,14 *m* de diamètre, des cylindres de 330 et 559 *mm* de diamètre, avec 635 *mm* de course, un foyer de 3,45 × 2,54, 278 tubes de 45 *mm* de diamètre et une surface de chauffe totale de 170,6 m^2. Cette machine pèse 102 800 *kg* avec son tender, ce qui fait 248 *t* en nombre rond pour l'ensemble du train et du moteur.

A la vitesse de 111,66 *km* à l'heure, les roues font 277 tours par minute et la vitesse moyenne des pistons s'élève à 5,86 *m* par seconde. Si on suppose la ligne entièrement en palier et une résistance moyenne de 7,35 *kg* par tonne métrique, ce qui est la moyenne entre les résultats de la formule américaine donnée dans la précédente chronique, soit 0,91 + 0,07 V et celle de M. Desdouits 1,5 + 0,04 V, on trouve une résis-

tance totale $248 \times 7{,}35 = 1\,823$ *kg* et un travail effectif de $\frac{1\,823 \times 31}{75}$ $= 755$ *ch.* Ce travail n'est pas très élevé; même avec la résistance de 8,73 obtenue avec la formule américaine, il ne dépasserait pas 895 *ch*; ces chiffres donneraient respectivement 4,42 et 5,25 *ch* par mètre carré de surface de chauffe, chiffres qui n'ont rien d'excessif. Ceci n'est, bien entendu, qu'un aperçu, car nous ne connaissons pas le profil de la ligne.

On ajoute que le parcours a eu lieu par un orage très violent et que le machiniste a dû ralentir plusieurs fois, ne distinguant pas la voie en avant de la machine.

Brouette perfectionnée. — La *Revista de Obras Publicas* donne la description d'une brouette perfectionnée qui est plutôt un petit camion et qui est employée au port de Séville pour le transport et le chargement des minerais de fer.

Ces minerais sont amenés le long des quais dans des wagons portant 12 *t*; il faut les charger sur les navires au moyen d'estacades de 40 *m* de longueur. Il y a intérêt à augmenter le plus possible la charge des brouettes. On a substitué au modèle ordinaire une brouette ou camion entièrement métallique portée sur deux roues en fonte de 0,50 *m* de diamètre et écartées de 0,76 *m* d'axe en axe. L'axe porte la caisse qui a une forme trapézoïdale; elle a 0,69 *m* de largeur et est en tôle de 3 *mm* d'épaisseur, assemblée par des cornières de 40 × 40, et 4 *mm* d'épaisseur. La caisse se vide par l'avant du côté opposé aux bras; on la fait basculer simplement en relevant les bras en l'air.

Pour réduire la résistance au roulement au minimum, les roues roulent dans l'intérieur de fers en **C**, posés à plat, les rebords en dessus.

La caisse contient un quart de mètre cube chargée comble, la brouette pèse 139 *kg* et, avec 500 *kg* de minerai, 639 *kg*. La charge reposant directement sur les roues, l'homme n'a à exercer qu'un effort de poussée et il se fatigue moins qu'avec les brouettes ordinaires qui ne portent que 150 *kg*.

Le journal espagnol rapporte qu'avec 20 brouettes et 40 hommes on peut charger, en dix heures, 2 400 *t* de minerai au prix de 0,20 *f*, la tonne. Cela supposerait 240 *t* à l'heure et, avec 20 brouettes, 12 *t*, soit 24 voyages par brouette, ce qui indique que l'aller et le retour, avec le chargement, n'exigerait que 2 1/2 minutes.

Le minerai est dans des wagons plats à bords tombants, on avance les brouettes sous les côtés du wagon et on les charge directement. On les décharge de même au bout des estacades dans les cales des navires. La distance de transport étant très faible, le chiffres ci-dessus sont admissibles. Les hommes travaillent alternativement au chargement des brouettes qui n'exige aucune peine, puisqu'il n'y a qu'à pousser le minerai et au roulage des brouettes. Celles-ci peuvent également servir à toute autre espèce de transport. Le prix de ces appareils, à raison de 0,80 *f* le kilogramme, ressort à 112 *f*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JUILLET 1897.

Distribution **des prix et médailles.**

Rapports sur **l'état financier de la Société.**

Rapport de M. C. LAVOLLÉE sur **l'Alliance française,** association pour la propagation de la langue française à l'étranger et sur l'enseignement des langues étrangères en France.

L'Association dite *Alliance française* a été fondée en 1883; elle compte déjà, en France et à l'étranger, plus de 30 000 adhérents; elle opère par la propagande directe, par l'entretien et subvention d'écoles, l'organisation de conférences, la publication d'un bulletin, etc. Son budget atteint, en recettes et dépenses, 200 000 *f.* L'œuvre de cette Association mérite d'être encouragée, de même que, dans un ordre d'idées parallèle, l'étude des langues étrangères qui a une très grande importance au point de vue de l'extension de l'influence et du commerce français à l'extérieur.

L'ouvrier américain, conférence par M. E. LEVASSEUR, membre du Conseil.

Ce sujet a été traité par le même conférencier devant la Société de Mulhouse et nous en avons rendu compte dans un numéro précédent. L'auteur est entré ici dans beaucoup plus de détails et sa conférence s'est illustrée d'un grand nombre de reproductions de photographies représentant des usines, écoles, maisons ouvrières, installations hygiéniques, etc.

Transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone par les poêles en fonte, par M. O. GREHANT *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

L'auteur a constaté par l'expérience que, si on entoure un poêle en fonte d'un cône en tôle terminé par un tube conduisant les gaz en dehors, ces gaz contiennent une proportion notable d'oxyde de carbone; cette proportion était assez forte pour amener rapidement la mort d'un chien.

Par expérience directe, M. Grehant a constaté que de l'acide carbonique, passant lentement sur de la fonte chauffée au rouge dans un tube de porcelaine, se transformait partiellement en oxyde de carbone.

Sur **la défense des vignes contre la cochylis,** par M. P. Cazeneuve *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences).*

La cochylis est un lépidoptère qui produit dans certains pays viticoles, notamment dans le Beaujolais et le Bordelais, des ravages considérables. L'auteur a employé avec succès contre cet insecte dévastateur l'injection sur la grappe d'un mélange de naphtaline et de soufre. Il l'a appliqué tout récemment au début de la floraison de la vigne, ce qui a réussi á la fois contre l'oïdium et contre la cochylis. Il est utile de faire un second traitement vers le commencement du mois d'août.

Notes de mécanique.

Nous signalerons d'abord, dans ces notes, la description de la machine Golding à fabriquer les tôles en treillis. Ces treillis, très employés en Amérique, sont formés de tôles découpées, de manière à former des ouvertures en losanges séparés par des barres minces; ces barres sont ensuite redressées pour former les treillis. Le découpage se fait par des couteaux. On emploie ces treillis pour divers usages, entre autres pour former la carcasse de planchers ou panneaux en béton.

L'indicateur continu de Gray comporte une bande de papier, qui se déroule devant le crayon de l'indicateur, un cylindre entraineur détermine le mouvement; la bande a 60 *m* de longueur et peut prendre 1 000 diagrammes.

On trouve encore la description d'une table de laminoir, système Huber, et de la chaudière Cahall; celle-ci se compose d'un faisceau tubulaire vertical conique, réunissant un collecteur inférieur à un dôme de vapeur.

Des autoclaves permettent la visite des deux capacités principales.

Des essais exécutés sur une chaudière de ce système, ayant 1,50 m^2 de grille et 232 de surface de chauffe, ont donné une vaporisation moyenne à 100° de 10,43 *kg* par kilogramme de combustible et de 24 par mètre carré de surface de chauffe avec une combustion de 160 *kg* par mètre carré de grille.

Ces chaudières sont très répandues aux États-Unis, surtout dans les forges. On les chauffe généralement avec le gaz naturel.

On trouve encore dans ces notes, la description du brûleur à pétrole, de la Société du générateur Du Temple, dans lequel le pétrole arrive par un pointeau creux à la sortie duquel il est saisi par un jet annulaire de vapeur ou d'air comprimé. Une aiguille règle la grandeur du passage. Un serpentin parcouru par la vapeur chauffe préalablement le pétrole.

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1897.

Note sur **les travaux de recherches exécutés à Meymac** par M. P.-L. Burthe, Ingénieur civil des Mines.

Les gisements de Meymac, dans la Corrèze, ont été découverts en 1867, par MM. Veny et Ad. Carnot.

Des travaux de recherches ont été entrepris en 1891, dans le but d'y trouver l'étain. C'est la description de ces travaux qui fait l'objet de la présente note.

Le minerai d'étain a été découvert dans trois gisements de nature distincte.

Étude sur **la saturation hygrométrique de l'écorce du globe,** par M. O. KELLER, Inspecteur général des Mines.

L'eau existe à la surface de la terre sous différentes formes. Une de ces formes est *l'eau hygrométrique*, ainsi nommée parce que sa présence est dénotée par les hygromètres. L'eau enfermée dans les pores des roches peut être appelée indifféremment eau hygrométrique, eau d'imprégnation, d'imbibition, de capillarité ou eau de carrière. Delesse dit qu'on appelle *eau de carrière* celle que les roches contiennent lorsqu'elles sont dans l'intérieur de la terre. Cette eau n'a donné lieu jusqu'ici qu'à un petit nombre de recherches expérimentales. Quelques-unes de celles-ci ont été faites en Angleterre, avec le concours de Sir H. de la Bêche, lors de la construction des nouvelles Chambres du Parlement.

Delesse a également fait des recherches très importantes sur la question vers 1860.

L'auteur de la note expose les expériences qu'il a faites sur la saturation hygrométrique de la craie, du gypse, etc., et sur les différences que présente la résistance de la première suivant son état d'humidité.

Par exemple, la craie saturée d'eau n'a qu'une résistance du tiers ou du quart de celle de la craie sèche; ces différences sont, d'ailleurs, assez variables suivant la nature des craies, car on a trouvé dans des essais plus récents (1894) les chiffres relatifs 24 et 37 *kg*, qui donnent un rapport bien supérieur aux précédents. Il s'agissait d'un échantillon de craie de Bougival. La proportion d'eau de carrière dans la craie peut aller jusqu'à 34 0/0.

La note reproduit un tableau très important relatif aux essais de résistance exécutés à l'École des Ponts et Chaussées sur des pierres de taille sèches ou imbibées d'eau.

Une seconde partie de cette note étudie la porosité et la perméabilité des roches, les conditions de répartition de l'eau dans le sol, nappes souterraines, hauteur annuelle des eaux pluviales, saturation hygrométrique de l'écorce du globe, quantité d'eau incorporée, etc. En résumé, les couches géologiques sont, au-dessous d'une zone de dessiccation tout à fait superficielle, uniformément saturées d'eau hygrométrique dont l'origine remonte à la formation même des roches.

Le volume que cette eau occupe dans les pores de l'écorce du globe, indépendamment de celui des nappes aquifères, est bien supérieur à celui des mers. Cette eau joue un rôle important; sa présence est éminemment favorable à la conservation de la chaleur interne; elle prévient l'échauffement du sol et, en diminuant la résistance des roches, elle facilite la production des flexions, plissements et fissures de l'écorce terrestre.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1895 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Remarques et expériences à l'occasion d'un **manque d'eau dans un générateur de vapeur**, par M. WALCKENAER, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des Machines à vapeur.

Un accident survenu par suite de manque d'eau à une chaudière a appelé l'attention sur l'inexactitude des indications que donnent les tubes de niveau lorsque la communication a lieu avec le générateur par des tubes longs et étranglés. Dans l'espèce, le niveau indicateur était relié à la chaudière par un tube dont le diamètre, de 20 *mm*, se réduisait à l'entrée à 15 *mm*, la longueur étant de 1,65 *m* pour le tuyau d'eau et de 3,20 *m* pour le tuyau de vapeur. On a été amené à penser que la condensation de la vapeur dans le tuyau supérieur pouvait jouer un rôle important dans l'inexactitude des indications.

Des expériences spéciales furent faites pour apprécier l'importance de ces condensations. On a trouvé que, pour un tube de 20 *mm* de diamètre, la condensation par heure et par mètre carré variait de 5 à 5,8 *kg* pour des pressions de 7,5 à 9 *kg*. Des expériences faites sur des tuyaux de divers diamètres ont fait voir que la condensation, qui croit avec la pression, augmente proportionnellement à mesure que le diamètre du tuyau diminue.

Des observations faites sur une chaudière avec l'étranglement plus ou moins grand de la communication du tube de niveau opéré par la fermeture graduelle du robinet ont fait voir qu'en réduisant la section de passage à 2,2 *mm*, on obtenait le remplissage entier du tube de niveau.

Revenant à l'accident qui a été le point de départ de ces recherches, la note explique comment, le tuyau du bas étant rempli de vapeur par suite de l'abaissement du plan d'eau, l'eau qui se condense peut arriver à remplir le tube de verre et, ne franchissant pas l'étranglement inférieur, établir un niveau factice dans le tube de verre. Le danger que peut créer une situation de ce genre montre combien il est important d'établir les communications des tubes de niveau de manière à l'éviter.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JUILLET 1897.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 3 juillet 1897.

Communication de M. VILLIERS sur **la carrière de l'Eparre** et **le chemin de fer à voie de 1 *m* de la Société des Houillères de Saint-Étienne.**

Cette carrière, pratiquée dans des schistes et grès houillers de dureté moyenne, fournit aux remblais des mines ; le chemin de fer qui la dessert ne dépasse pas l'inclinaison de 20 0/00, mais il a fallu, pour y

arriver, creuser 1 200 *m* de tunnels sur 4 500 *m* de parcours. Les courbes ont 50 *m* de rayon minimum. La voie est posée en rails de 21 *kg* sur traverses en chêne avec interposition de semelles en métal. Les locomotives, de 10 *t*, remorquent 50 *t* brutes à 15 *km* de vitesse ; ces 50 *t* sont composées de 20 *t* de matériel (6 trucks et 36 berlines) et de 30 *t* de remblais ; le rapport du poids mort au poids utile est de 0,66.

La carrière est exploitée par gradins de 10 *m* de hauteur et 25 *m* de largeur, desservis par des plans inclinés sur lesquels circulent des chariots porteurs à plate-forme horizontale équilibrée par des contrepoids. La pente est de 40 0/0.

Communication de M. DE DIANOUS sur **la chaudière Buttner.**

Cette chaudière, construite par la maison Bietrix, Nicolet et C^ie^, comporte un faisceau tubulaire incliné formé de tubes de 95 *mm* de diamètre réunissant deux caisses en tôle d'acier soudées à section rectangulaire, dont les faces opposées sont entretoisées. Ces caisses sont rivées à un réservoir cylindrique horizontal. Des tampons amovibles, en regard de chaque tube, permettent le mandrinage et le nettoyage intérieur des tubes.

Ces chaudières donnent une vaporisation de 18 à 20 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, sans entraînement d'eau. Cette production considérable est due à une circulation très active ; en effet, le volume d'eau contenu dans la chaudière passe 800 fois dans une heure par le faisceau tubulaire.

Programme d'une **visite aux mines de La Mure** et d'une course géologique dans les Hautes-Alpes (devant avoir lieu du 19 au 23 juillet).

BIBLIOGRAPHIE

La Sociologie d'Auguste Comte résumée par M. Émile Rigolage. (*Bibliothèque de philosophie contemporaine*, Félix Alcan, éditeur, Paris).

M. E. Rigolage a bien voulu offrir à la Bibliothèque de notre Société ce volume qu'il vient de faire paraître et qui est le second volume du résumé de la Philosophie positive, la première partie ayant déjà été publiée par lui en 1881.

Bien que les Études philosophiques ne rentrent guère dans le cadre normal des travaux de notre Société, il nous paraît intéressant d'appeler l'attention sur l'ouvrage de notre Collègue, M. Rigolage, parce que cet ouvrage est consacré en grande partie aux questions d'éducation qui ne sauraient nous être indifférentes et auxquelles l'auteur a consacré, comme on sait, une carrière très bien remplie.

Il fait observer dès le début que les deux principales applications de la sociologie sont la politique et l'éducation et que, contrairement à ce qui se passe dans les conditions ordinaires de la vie, on prétend s'occuper de politique et d'éducation sans connaître le premier mot de la science abstraite dont dépendent ces deux sciences concrètes.

Si nous prenons ce qui regarde l'éducation, on ne saurait manquer d'être frappé de ce que Taine a appelé la disconvenance croissante de l'éducation et de la vie.

L'instruction de l'enfance, de l'adolescence et de la jeunesse s'opèrent uniquement en vue d'examens et d'obtention de grades et de diplômes et par l'application de régimes qu'on peut qualifier d'antinaturel et antisocial, remplissage mécanique, surmenage, etc.

Ce système d'éducation ne peut que donner aux jeunes gens les plus fausses idées sur le monde dans lequel ils sont appelés à vivre et à leur préparer les désillusions les plus complètes.

L'idée d'ensemble et de généralité, opposée à l'idée de détail et de spécialité, doit présider à l'organisation et au fonctionnement de l'École. Comme l'a fait judicieusement remarquer Auguste Comte, c'est à l'idée d'ensemble que se rattache l'idée de devoirs. A notre époque révolutionnaire, dit M. Rigolage, chacun est trop porté à n'envisager que ses droits, de préférence à ses devoirs, au lieu de songer que l'exercice des droits de chacun exige précisément l'accomplissement des devoirs de tous.

Notre Collègue insiste très justement sur la nécessité qu'il y a à introduire le progrès ou l'évolution dans l'école et à y établir la division entre l'instruction et l'éducation, cette dernière étant à peu près complètement négligée actuellement et cependant doit-on considérer comme inutile d'enseigner aux jeunes gens : l'ordre et l'économie, la politesse, l'urbanité des manières, la délicatesse du langage, la modestie et la

tempérance, le caractère, le cœur, les sentiments d'indulgence, de bienveillance et de solidarité, enfin tout ce qui élève l'idéal et la dignité de la nature humaine.

L'auteur passe en revue les questions suivantes : Comment on doit enseigner ou la méthode et les milieux, ce qu'on doit enseigner ou la doctrine, les programmes, les maitres, l'indépendance des études, la sanction. C'est la vie tout entière qui doit être la sanction de l'école et non pas les sanctions artificielles, prix, diplômes, etc., qu'on a établies dans l'école et qui n'existent pas dans la Société.

C'est pour diminuer la disconvenance croissante de l'éducation et de la vie qu'il faut supprimer ces sanctions artificielles et s'attacher surtout a développer chez l'écolier l'esprit d'initiative, l'assiduité au travail, la persévérance et la continuité de l'effort.

Nous croyons devoir citer *in extenso* la conclusion donnée par M. Rigolage dans sa préface, conclusion qui résume très complètement ses idées sur l'organisation des écoles pratiques.

« Peu importe, en définitive, de laïciser l'école, si, au fond, l'enseignement reste le même et n'aboutit qu'au même résultat, c'est-à-dire à l'obtention des mêmes brevets et diplômes de tout ordre sans aucune augmentation de savoir réel. Il ne sert de rien de remplacer les personnes, si, de part et d'autre, la même doctrine continue à règner en souveraine, si nos enfants vivent toujours en plein moyen âge, si leur jeune intelligence ne reçoit pour tout aliment que la quintessence de la forme, l'abstraction de la règle, la banalité du précepte.

» Que le savoir réel devienne enfin le maitre de l'éducation, c'est par cet unique moyen qu'il pourra devenir le maître du pays. Alors, la science commandant à chaque intelligence comme la loi commande à chaque citoyen, l'étude et la solution des questions sociales s'imposeront à la raison, au lieu d'être inspirées empiriquement par le sentiment ou par l'imagination.

» Il est donc urgent de rendre l'éducation scientifique, c'est-à-dire impersonnelle comme la science. »

Les personnes qui s'intéressent aux questions d'éducation — et ce devrait être tout le monde — liront avec fruit l'ouvrage de M. Rigolage et c'est à ce titre que nous avons cru devoir le signaler à l'attention de nos Collègues.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16572-8-97. — (Encre Lorilleux).

Fig. 1

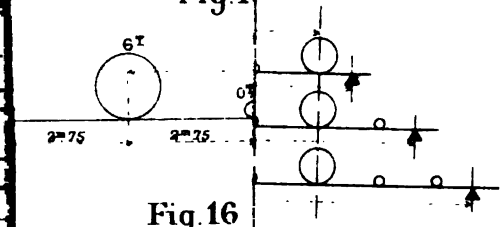


Fig. 5.

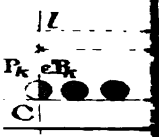


Fig. 16

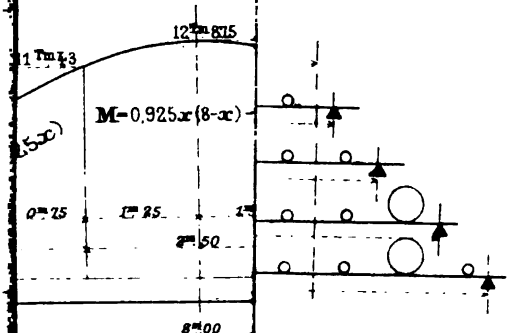


Fig. 6.

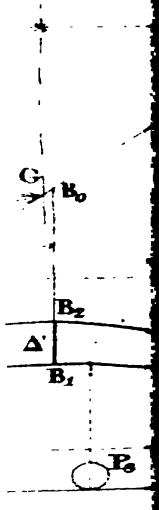


Fig. 17

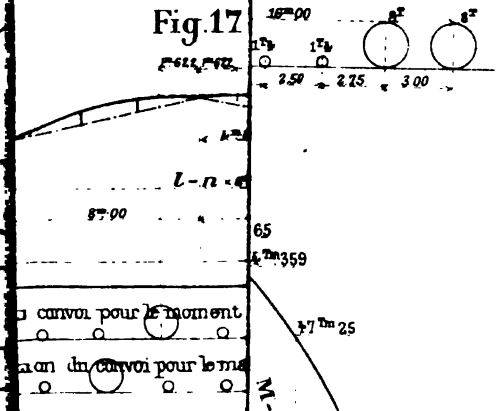


Fig. 18

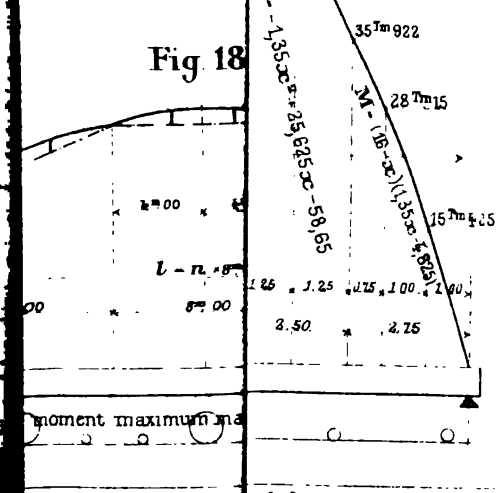
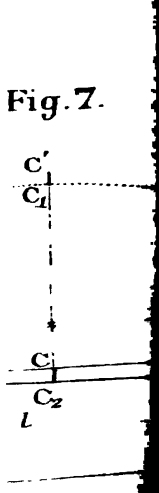
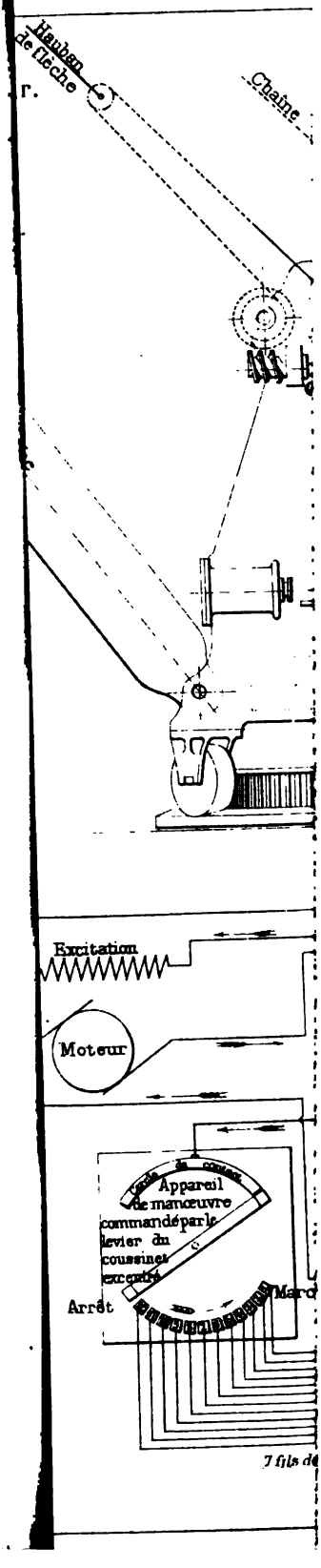


Fig. 7.



p. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris


Hauban de flèche
Chaîne
Excitation
Moteur
Appareil de manœuvre commandé par le levier du coussinet excentré
Arrêt
Marc
7 fils de

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1897

N° 10.

Sommaire des séances du mois d'octobre 1897 :

1° *Lettre de M. L. de Chasseloup-Laubat* (Séance du 1er octobre), page 420;

2° *Membres nouvellement admis à partir de la première séance du mois d'octobre* (Décision prise par le Bureau et le Comité au sujet des) (Séances des 1er et 15 octobre), pages 420 et 433;

3° *Notice nécrologique sur M. Ch. de Comberousse*, par Ed. Lippmann. Président (Séance du 1er octobre), page 420;

4° *Décès* de MM. Ch. de Comberousse, G. Delaporte, Ch. Horstmann, A. Lévi-Alvarès, F. Paponot, H. Pompon, A. Houlbrat (Séance du 1er octobre), page 422;

5° *Décorations* (Séance du 1er octobre), page 422;

6° *Nominations :*

De M. P.-J. Bodin, comme professeur titulaire du cours de construction de machine (2e année), à l'École Centrale;

De M. E. Bertrand de Fontviolant, comme professeur titulaire du cours de résistance des matériaux, théorique et appliquée (2e année), à l'École Centrale;

De M. L. de Chasseloup-Laubat, comme Commissaire-adjoint du Gouvernement français au Congrès de l'Exposition de Bruxelles;

De M. A. Lavezzari, comme membre de la Société Autrichienne pour le développement des chemins de fer secondaires;

(Séance du 1er octobre), page 422;

7° *Prix Daniel Dollfus, décerné à M. J. Garçon, par la Société Industrielle de Mulhouse* (Séance du 1er octobre), page 422;

8° *Concours pour la nomination d'un emploi de professeur de dessin et de technologie à l'École nationale pratique d'ouvriers et de contremaîtres de Cluny* (Saône-et-Loire) (Séance du 1er octobre), page 422;

9° *Travaux publics à exécuter à l'étranger.* Communiqués des Ministères des Colonies et du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes (Séance du 1er octobre), page 423;

10° *Télégrammes échangés avec les Ingénieurs russes au sujet du voyage du Président de la République, à Saint-Pétersbourg* (Séance du 1er octobre), page 423;

11° *Cinquantenaire de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais, le 31 août 1897* (Télégrammes échangés à l'occasion du) (Séance du 1er octobre), page 424;

12° *Les Réservoirs du Nil*, par M. E. Badois (voir *Bulletin* de juin 1897). Lettres de MM. A. Suais, Ch. Cotard et E. Badois (Séances des 1er et 15 octobre), pages 425 et 434;

13° *Barre de Rio Grande do Sul* (Rapport de M. Da Costa Couto sur la). Lettre de M. E. Badois (Séance du 1er octobre), page 425;

14° *Congrès des Sociétés Savantes, à la Sorbonne en 1898* (Séance du 1er octobre), page 425;

15° *Congrès international de Navigation, à Bruxelles, en 1898* (Renseignements sur le 7e), par M. J. Fleury (Séance du 1er octobre), page 425;

16° *Congrès des Naval Architects en 1897* (Au sujet du compte rendu du) (Séance du 1re octobre), page 426;

17° *Congrès d'essai des matériaux de Stockholm, en 1897* (Compte rendu du), par M. N. Belelubsky (Séance du 1er octobre), page 426;

18° *Catastrophe de Bouzey* (1re partie) (Conséquences à tirer de l'étude technique de la), par M. L. Langlois (Séances des 1er et 15 octobre, pages 426 et 435;

19° *Congrès des Ingénieurs et Architectes Suisses, à Bâle, en 1897* (Compte rendu du), par M. G. Dumont (Séance du 1er octobre), page 426;

20° *Voyage de la Société en Belgique* (Compte rendu du), par MM. R. Soreau et V. Langlois et observations de MM. J. Gaudry et E. Lippmann, Président de la Société (Séance du 1er octobre), page 428;

21° *Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège* (Séance du 15 octobre), page 433;

22° *Cinquantenaire de la Société, en mars 1898* (Séance du 15 octobre), page 433;

23° *Congrès de la Société, en mars 1898* (Séance du 15 octobre), page 434;

24° *Salle des Séances* (Observation au sujet de la), par MM. S. Périssé et E. Lippmann, Président (Séance du 15 octobre), page 434;

25° *Utilisation des puissances naturelles : transport et distribution de l'énergie électrique*, par MM. G. Dumont et G. Baignères (Séance du 15 octobre), page 434;

Mémoires contenus dans le bulletin d'octobre 1897 :

26° *Utilisation des puissances naturelles, transport à grande distance et distribution de l'énergie électrique*, par MM. G. Dumont et G. Baignères, page 437;

27° *Note sur le Congrès de Stockholm pour l'essai des matériaux*, par M. le professeur Belelubsky, de Saint-Pétersbourg, page 483;

28° *Note de nos Correspondants et Membres de province et de l'étranger : Compte rendu de l'inauguration du service de la Compagnie des Voitures électriques de Londres*, par M. F. Lange, page 487;

29° *Communications relatives au mémoire sur les Réservoirs du Nil*, par MM. Suais, Cotard et Badois, page 490;

30° *Chronique* n° 214, par M. A. Mallet, page 501;

31° *Comptes rendus*, — page 514.

Pendant le mois d'octobre 1897, la Société a reçu :

36746 — *Troisième Congrès annuel de la propriété bâtie de France, Paris, 1897. Discours prononcé à la séance d'ouverture du Congrès, le 31 mai 1897, par M. Pouillet* (in-8° de 11 p.). Paris, Guérin, Derenne et Cie, 1897.

36747 — Dito. *Section I. La réforme hypothécaire. Rapport par M. Raveton* (in-8° de 68 p.). Paris, Guérin, Derenne et Cie, 1897.

36748 — Dito. *Section II. Simplification de la procédure d'expulsion. Chambre syndicale des propriétés immobilières de la ville de Lyon. Rapport* (in-8° de 14 p.). Lyon. Imp. du Salut public, 1897.

36749 — *Le concours de la participation aux bénéfices au Musée social. Prix de 25 000 f offert par M. le comte de Chambrun* (petit in-4° de 104 p.). Paris, Calmann Lévy, 1897.

36750 — *Institut de France. Académie des Sciences. Inauguration de la statue de Perronet à Neuilly (Seine), le 4 juillet 1897. Discours prononcé par M. Maurice Lévy* (petit in-4° de 8 p.). Paris, Firmin-Didot, 1897.

36751 — De M. Louis Gonin (M. de la S.). *Les tramways électriques de Lausanne, par M. Louis Gonin* (Extrait du 3e fascicule des Annales des travaux publics de Belgique, juin 1897) (in-8° de 8 p., avec 2 pl.). Bruxelles, 1897.

36752 — De M. J. Carimantrand (M. de la S.). *Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne. Assemblée générale des actionnaires tenue à Madrid, le 16 juin 1897. Présidence de Son Excellence M. le Marquis del Pazo de la Merced. Rapport du Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale.* Paris, Imp. Chaix, 1897.

36753 — De l'Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Vingt-neuvième année. Association Alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1896.* Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1897.

36754 — De MM. Arnaud et Cie. *Album national et Dictionnaire de l'Industrie, 1897.* Paris, Arnaud et Cie, 1897.

36755 — De M. P. Buquet (M. de la S.). *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. École centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des Travaux de vacances des élèves, publié par la Direction de l'École. Année 1896.* Paris, Imp. et Lib. des Arts et Manufactures, 1897.

36756 — *Journal Officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1896.* Paris, Imprimerie du Journal Officiel, 1897.

36757 — De l'U. S. Coast and Geodetic Survey. *Report of the Superintendent of the U. S. Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work during the fiscal Year ending with June 1895.* Washington, 1895.

36758 à 36774 — *Grand Dictionnaire universel du XIX^e siècle, français, historique, géographique, mythologique, bibliographique, littéraire, artistique, scientifique, etc., etc., par Pierre Larousse* (17 volumes in-4°). Paris, Administration du Grand Dictionnaire, 1866 à 1890.

36775 — De M. L. Salomon (M. de la S.). *Compagnie des chemins de fer de l'Est (France). Note sur la voiture de 1^re classe, série A, n° 199, figurant à l'Exposition universelle de Bruxelles 1897* (in-4° de 4 p., avec 3 pl.).

36776 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les huiles minérales, pétrole, schiste, lignite, par François Miron* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 198 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson.

36777 — De la Reale Accademia dei Lincei. *Atti della Reale Accademia dei Lincei. Anno CCXCIV, 1897. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 5 guigno 1897* (p. 269 à 337.). Roma, 1897.

36778 — De M. E. Simon (M. de la S.). *Le Métier Northrop, par E. Simon* (Extrait du Bulletin de juin 1897 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (petit in-4° de 21 p., avec 39 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1897.

36779 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation. Statistique de la navigation intérieure. Recensement de la batellerie. Année 1896.* Paris, Imp. Nat. 1897.

36780 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer. Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1895. Documents divers. Première partie. France, Intérêt général.* Paris, Imp. Nat., 1897.

36781 — De la Direction générale des Douanes. *République Française. Direction générale des Douanes. Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1896. Premier volume. Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères.* Paris, Imp. Nat., 1897.

36782 — *Annuaire des Sociétés savantes, littéraires et artistiques de Paris, par les Secrétaires généraux.* Paris, Hôtel des Sociétés Savantes, 1897.

36783 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie (M. de la S.), éditeurs. *Chemins de fer. Construction et voie, par A. Sirot* (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16 de 295 p., avec 12 pl. et 270 fig. dans le texte). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36784 — De the Aluminium Supply Co. *Aluminium. The Aluminium Supply Co Limited, 38 Victoria Building, Manchester* (in-12 de 179 p.). Manchester.

36785 — De l'Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. 23e Bulletin annuel. Exercice 1896.* Paris, Siège de l'Association, 1897.

36786 — De MM. John Wiley and Sons. *Lectures on Explosives. A Course of Lectures prepared especially as a Manual and Guide in the Laboratory of the U. S. Artillery School, by Willoughby Walke* (in-8° de 435 p.). New-York, John Wiley and Sons, 1897.

36787 — De l'American Society of Civil Engineers. *Transactions of the American Society of Civil Engineers, June 1897. Vol. XXXVII.* New-York, 1897.

36788 — De l'Association technique maritime. *Bulletin de l'Association technique maritime n° 7. Session de 1896.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

36789 — De M. G. Richou (M. de la S.). *Note sur les travaux de renforcement et d'amélioration des forts de la digue de Cherbourg exécutés par M. Adrien Hallier, par G. Richou* (in-8° de 13 p., avec 2 pl.). Paris, Baudry et Cie, 1897.

36790 — De M. J. Goujé. *Annuaire des mines, de la métallurgie, de la construction mécanique et de l'électricité, 22e année, 1897.* Paris, E. Bernard et Cie.

36791 — De l'Institution of Electrical Engineers. *The Institution of Electrical Engineers. List of Officers and Members, corrected to June 30, 1897.* London.

36792 — De M. B. Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. Fascicule 16, Tome II.* Paris, B. Tignol.

36793 — De M. João Severo Cunha. *Estudo sobre abobadas por João Severo Cunha* (Extracto da Revista de Engenheria Militar) (in-8° de 38 p., avec 1 pl.). Lisboa, 1897.

36794 — De M. Beniamino Trinchera. *Nuovo sistema per rendere più facile ed attuabile anche nei profondi abissi dello aperto mare l'antico metodo di fondare con calcestruzzo dato in opera per immersione e Progretto di un doppio bacino da Carenaggio nel porto di Napoli, del Cav. Beniamino Trinchera* (grand in-8° de 40 p., avec 2 pl.). Napoli, 1897.

36795 — De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *City of Newton, Massachusetts. Annual Report of the City Engineer and Superintendent of Sewers, for the Year ending December 31, 1896*, Newton, 1897.

36796 — Du Comité des Forges de France. *Comité des Forges de France. Annuaire 1897-98.* Paris.

36797 à 36799 — De la Secretaria de Fomento de la República Mexicana. *Primer Concurso cientifico Mexicano.* Vol. I, II, III (3 vol. in-8°). Mexico, 1897.

36800 — De la Direction générale des Douanes. *République Française. Direction générale des Douanes. Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1896. Deuxième volume. Navigation (Navigation internationale, Cabotage français et Effectif de la marine marchande).* Paris, Imp. Nat., 1897.

36801 — De M. Dujardin-Beaumetz (M. de la S.). *Le commerce de la Chine avec l'Étranger, par F. Dujardin-Beaumetz* (Extrait du Bulletin de la Société de Géographie commerciale, année 1897) (in-8° de 35 p.). Paris, Siège de la Société, 1897.

36802 — De Verein Deutscher Ingenieure. *Verein Deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichniss, 1897.* Berlin, 1897.

36803 — De M. A. Raddi. *Alcune osservazioni sul Terremoto del 18 Maggio 1895, in Firenze, per A. Raddi* (Estratto dal Giornale Scientifico di Palermo. Anno IV. N. 5-6) (in-4° de 15 p.). Palermo, 1897.

36804 — De M. J. François (M. de la S.). *Exposition internationale de Bruxelles, 1897. Notice sur l'emploi de l'air comprimé au creusement des roches, par Joseph-François. 1869-1897.* (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome XXXIX, 3e série, page 97. 41e année, 1897) (in-8° de 55 p., avec 5 pl.). Paris, C. Borrani.

36805 et 36806 — De M. A.-J. da Costa Couto (M. de la S.). *Commission d'études des ports et canaux maritimes d'Europe. Rapport sur l'amélioration de la barre de Rio Grande do Sul, par A.-J. da Costa Couto, 3e Partie* (in-8° de 84 p. avec atlas même format de 13 pl.). Rio-de-Janeiro, 1897.

36807 — De Mc Gill College. *Annual Calendar of Mc Gill College and University, Montreal. Session 1897-1898.* Montreal, 1897.

36808 — De l'Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore. *Associazione fra gli utenti di Caldaie a vapore. Esercizio dell' anno 1896. Anno sexto.* Milano.

36809 et 36810 — De M. L. Salazar (M. de la S.). *Carta de communicaciones de los Estados Unidos Mexicanos por Bodo von Glümer. Primera e segunda Hoja, 1895-1896.* Berlin.

36811 et 36812 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous la loi du 5 juillet 1844. Tome quatre-vingt-huitième, 1re et 2e parties, nouvelle série. Année 1893.* Paris, Imp. nat., 1897.

36813 — De M. J.-A.-L. Waddell (M. de la S.). *Elevated Railroad by J.-A.-L. Waddell* (Transactions of the American Society of Civil Engineers. Vol. XXXVII. June 1897, pages 308 à 500).

36814 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol LI, n° 1, 1897.* London, 1897.

36815 — Dito. *Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute.* London, 1897.

36816 — De M. E. Sartiaux (M. de la S.). *Note sur les divers appareils de manutention électro-mécaniques employés sur le réseau du chemin de fer du Nord, par E. Sartiaux.* (Extrait de la Revue générale des chemins de fer, n° de juin 1897) (in-4° de 23 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

36817 — Dito. *Note sur le montage des appareils d'éclairage électrique des voitures et fourgons sur le chemin de fer du Nord, par E. Sartiaux* (in-8° de 12 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

36818 — De MM. Baudry et C^ie^, éditeurs. *Premier Congrès d'assainissement et de salubrité, Paris, 1895. Compte rendu des travaux* (in-8° de 449 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1897.

36819 et 36820 — De Nederlandsche Vereenining voor Electrotechniek. *Nederlandsche Vereenining voor Electrotechniek, 1896-1897. III et IV.* S'gravenhage, 1897.

36821 — Du Koninklijk Instituut van Ingenieurs. *Koninklijk Instituut van Ingenieurs. Gedenkbock, 1847-1897* (grand in-4° de XVIII-333 p. avec 84 pl.).

36822 — De l'American Institute of Mining Engineers. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXVI, 1896.* New-York City, 1897.

36823 — Dito. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Contents and Index. Vols XXI to XXV inclusive* (in-8° de 185 p.). New-York City, 1897.

36824 — Dito. *American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. August 1897.* Philadelphia.

36825 — De l'United States Coast and Geodetic Survey. Treasury Department. *United States Coast and Geodetic Survey. W. W. Duffield Superintendent. Bulletin n° 36. Table of Depths for Channels and Harbours, Coasts of the United States* (in-4° de 109 p.). Washington, 1897.

36826 et 36827 — De la Société Industrielle de l'Est. *Bulletin de la Société Industrielle de l'Est. Les eaux potables et leur rôle hygiénique dans le département de Meurthe-et-Moselle, par le D^r^ Ed. Imbaux, 2^e^ série, année 1897, 2^e^ fascicule, 1^er^ juillet au 1^er^ octobre* (in-8° de 227 p. et atlas in-4° de 9 tableaux et 12 pl.). Nancy, Imp. Nancéienne, 1897.

36828 — De l'Engineering Society. *Papers read before the Engineering Society of the School of Practical Science Toronto. N° 18, 1896-1897.* Toronto, 1897.

36829 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Cours d'Exploitation des Mines, par Haton de la Goupillière, seconde édition, revue et considérablement augmentée avec la collaboration de Maxime Pellé. Tome second* (grand in-8° de 1069 p,). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

36830 et 36831 — De M. Lucien Henry (M. de la S.). *Traité de géodésie tachéométrique, ou le tachéomètre à la portée de tous. Son application au tracé des chemins de fer, au levé des parcellaires et du cadastre. Théorie et application des coordonnées polaires et leur conversion en coordonnées rectangulaires, par Lucien Henry* (grand in-8° de 301 p. avec atlas in-4° de 30 pl.). Paris, H. Morin.

36832 — De M. Dibos (M. de la S.). *Rapport sur les expériences du navire rouleur Ernest Bazin, effectuées à la mer, le 20 juillet 1897, par J. Thévenet-Leboul et M. Dibos* (petit in-4° de 15 p.). Paris, Imp. Chaix, 1897.

36833 — De M. L. Somzée (M. de la S.). *Nouveau système de captage d'eau des sables aquifères applicable à l'exécution des travaux souterrains dans les sables boulants* (grand in-8° de 15 p. avec 1 pl.). Bruxelles, 1897.

36834 — De la Société Académique du département de l'Aube. *Mémoires de la Société Académique, d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube. Tome LX, année 1896.* Troyes, Paul Nouel.

36835 — De Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. polytechnischen Schule in Zürich. *XXVIII Adressverzeichniss der Mitglieder der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidg. politechnischen Schule in Zürich. Juli 1897.* Zürich, 1897.

36836 — Dito. *Anhang zum XXVIII Adressverzeichniss der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. Juni 1897.* Zürich, 1897.

36837 — De M. F.-H. Cilley. *Some fundamental Propositions relating to the Design of Frameworks by Frank H. Cilley* (grand in-8° de 25 p.) (Reprinted from Technology quaterly. Vol. X, n° 2, June 1897.) Zürich, 1897.

36838 — De M. J.-G. Mailath. *Die Monographie der Bodrogközer Theiszegulirungs genossenschaft, 1846-1896. Herausgegeben von Josef Grasen Mailath* (grand in-8° de 157 p. avec 9 pl.). Budapest, 1897.

36839 — De M. L. Lockert (M. de la S.). *Bibliothèque scientifique et technique du Touring-Club de France. Traité des véhicules automobiles sur routes, par Louis Lockert, 4e volume. Les voitures électriques avec supplément aux voitures à pétrole et note sur les moteurs à acétylène et à alcool* (in-16 de 330 p.). Paris, au Touring-Club de France et chez l'auteur, 1897.

36840 à 36851 — De M. A. Vinçotte (M. de la S.). *Collection de 8 photographies montrant les différentes phases de la construction du pier de Blankenberghe pendant le montage, avec plan et diagramme, et descriptions complètes de cet ouvrage données par le Journal de l'Industrie et The Engineer.*

36852 — De M. H. Hersent (M. de la S.). *Exposition internationale de Bruxelles, 1897. Ouvrages et tableaux exposés par M. H. Hersent* (petit in-4° de 21 p.). Paris, Imp. Chaix, 1897.

36853 à 36858 — De M. Moyaux (M. de la S.). *2 photographies de wagons plats à bouts tombants de 12 tonnes de chargement de la Compagnie de l'Ouest français; 1 plan et 2 photographies d'un wagon à charbon de 15 tonnes destiné au chemin de fer de l'État belge, avec notice descriptive de ce wagon par M. L. Bika.*

36859 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Bibliothèque technique. Notes et formules de l'Ingénieur, du constructeur mécanicien, du métallurgiste et de l'électricien, de Cl. de Laharpe. 11^e^ édition* (in-16 de XVI-1312 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1897,

36860 — De M. Ad. Minet. *Les fours électriques et leurs applications, par Ad. Minet* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire publiée sous la direction de M. Léauté) (petit in-8° de 178 p. avec 56 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

36861 — De M. A. Lespagnol, *Au sujet d'une machine élévatoire hydrocentrifuge de A. Lespagnol* (in-4° de 12 p. autogr.).

36862 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *Enquête sur la marine marchande et les constructions navales, par J. de Coëne* (Extrait du Bulletin de la Société industrielle de Rouen, n° 4, année 1897) (grand in-8° de 20 p.). Rouen, Émile Deshays et C^ie^, 1897.

36863 — De la North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. *Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, vol. XIII, 1896-97.* London, 1897.

36864 — De l'International Congress of Naval Architects. *Summary of the Proceedings of the International Congress of Naval Architects and Marine Engineers 1897. Reprinted from the Shipping Gazette and Lloyd's List* (grand in-8° de 32 p.).

36865 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXIX, 1896-97. Part. III.* London, 1897.

36866 — De M. Jules Garçon (M. de la S.). *La pratique du teinturier, par Jules Garçon. Tome III. Les recettes types et les procédés spéciaux de teinture* (in-8° de 341 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

36867 — De M. S. Jordan (M. de la S.). *Rapport sur les titres de M. F. Osmond à la médaille Lavoisier, par M. S. Jordan* (Extrait du Bulletin de juin 1897 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (petit in-4° de 13 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1897.

36868 — De la Chambre de Commerce de Cherbourg. *Chambre de Commerce de Cherbourg. Délibération du 11 septembre 1897. Marine marchande. Circulaire ministérielle du 12 juin 1897* (petit in-4° de 8 p.). Cherbourg, Imp. L'Hotellier.

36869 — De M. Ch. Deldique (M. de la S.). *Description d'un nouveau système de grille pour foyers soufflés, par Charles Deldique* (Extrait du Bulletin de l'Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord, tome XVIII, nos 3 et 4) (in-8° de 7 p. avec 2 pl.). Lille, Le Bigot frères, 1896.

36870 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les fours électriques et leurs applications, par Ad. Minet* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 178 p. avec 56 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson.

36871 — De M. A. Ronna (M. de la S.). *Les eaux de Rome, sources, aqueducs et fontaines, par A. Ronna* (Extrait du Bulletin d'août 1897 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (petit in-4° de 68 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1897.

36872 à 36874 — De l'University of the State of New-York. *University of the State of New-York. New-York State Museum. 48 th. Annual Report of the Regents, 1894. Vol. I, II, III.* Albany, 1895.

36875 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Fabrication de l'acier et Procédés de forgeage de diverses pièces, par Cl. Chômienne* (Extrait des Bulletins technologiques de 1897 de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers) (in-8° de 228 p. avec 33 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

36876 — De la Junta de Obras del Puerto de Bilbao. *Junta de Obras del Puerto de Bilbao. Memoria que manifiesta el estado y progreso de las obras de mejora de la ria de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año economico de 1896 á 1897.* Bilbao, 1897.

36877 — *Société centrale des Architectes français. Série des prix applicables aux travaux de bâtiments exécutés pour le compte de particuliers dans la Ville de Paris, 8e édition, 1897.* Paris, G. Delarue.

36878 — De la R. Università Romana. *R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1897-98.* Roma, 1897.

36879 — De M. L. Courtier (M. de la S.). *Carte du Soudan français dressée par le lieutenant Pallier, de l'infanterie de marine, d'après la carte Régnier, entièrement refondue et mise à jour au 15 mai 1897, par ordre du colonel de Trentinian, lieutenant-gouverneur du Soudan* (une feuille grand aigle). Paris, L. Courtier.

36880 — Dito. *Ville de Paris. Service technique de l'assainissement. Écoulement direct à l'égout. Dessin-type des installations intérieures d'une maison neuve ou d'une maison ancienne où les tolérances prévues à l'article 6 de l'arrêté du 9 mai 1896 ne sont pas applicables* (une feuille grand aigle). Paris, L. Courtier.

36881 — Dito. *Ville de Paris. Service technique de l'assainissement. Écoulement direct à l'égout. Transformation d'une maison ancienne desservie par appareil diviseur. Application des tolérances prévues à l'article 6 de l'arrêté du 9 mai 1896* (une feuille grand aigle). Paris, L. Courtier.

36882 — De M. A. D. Schinkel. *Nederlansche Vereeniging voor Electrotechniek, 1895-1896, II.* S'Gravenhage, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobre 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

H.-A.-O. Boursault,	présenté par	MM. Lippmann, Derennes, Frémont.
J.-B. Clamens,	—	Mallet, Nicolet, Reymond.
P.-J. Curie,	—	A. Blétry, C. Blétry, de Dax.
Ch.-J.-O. Deldique,	—	Carrot, Gauthier-Lathuille, A. Moreau.
A. Dufour,	—	Montel, Schrœder, Zaborowski.
J.-H. Fleming,	—	Dewavrin, Neveu, Richou.
P. Griveaud,	—	Barberot, L. Griveaud, Regnard.
R.-B. Gross,	—	Barbier, Chalon, de Dax.
H. Lebrun,	—	Marchais, Robin, Thomas.
L. Liais,	—	Lippmann, Lippmann fils, de Perrodil.
V.-H. Luckhaus,	—	Lippmann, de Dax, Massalski.
C.-Ph. de Magalhaes Gomes,	—	Lippmann, da Rocha, de Dax.
V. Sailly,	—	Lippmann, Rey, Mongon.
A.-H. Savy,	—	A. Piat, Eissen, Gauthier-Lathuille.
H.-K. Scott,	—	Lippmann, Alvim, Teixeira Soares.
S. Singer,	—	Barbier, Chalon, de Dax.

Comme Membre associé, M. :

G. de Bengy-Puyvallée, présenté par MM. Chincholle, Dewavrin, Neveu.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er OCTOBRE 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 juillet est adopté.

M. L. de Chasseloup-Laubat a écrit à M. le Président pour le prier de faire connaître aux Membres de la Société que c'était par erreur que, dans son mémoire sur les chaudières marines (Bulletin d'avril 1897), il avait déclaré que les générateurs du *Château-Renault* étaient du système Guyot-du-Temple ; en réalité, ils sont du type Normand-Sigaudy.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que **sur la proposition du Bureau, le Comité, dans sa séance de ce jour, a décidé que pour les présentations de demande d'admission qui auraient lieu à partir du 1er octobre, il ne serait réclamé aux nouveaux membres que le droit d'entrée (25 francs), la cotisation annuelle ne devenant exigible qu'à partir du 1er janvier suivant.**

En faisant part de la mort de notre regretté ancien Président, M. Ch. de Comberousse, M. LE PRÉSIDENT s'exprime ainsi :

Le 21 août dernier, nous avons eu la douleur de conduire à sa dernière demeure, notre ancien Président de 1885, Charles de Comberousse, qui fut certainement parmi tous nos Collègues, l'un de ceux dont la carrière fut la plus brillante et la mieux remplie.

En sortant de l'École Centrale en 1850, il travailla sous les ordres de notre illustre fondateur Eugène Flachat, dans le bureau des Études du Chemin de fer de Saint-Germain, puis sous celle de notre éminent

ancien Président Émile Vuigner, Ingénieur en chef aux Chemins de fer de l'Est.

Il utilisa tout de suite les connaissances acquises dans ce grand art des chemins de fer pour entrer promptement dans l'enseignement vers lequel le dirigeaient naturellement ses goûts et ses facultés spéciales.

Il débuta en 1852 par être, à l'École Centrale, répétiteur suppléant du cours de Chemin de fer de Perdonnet, un peu après, il fut répétiteur du cours de mécanique de Belanger, puis professeur du cours de cinématique et de mécanique depuis 1865 jusqu'en 1896 ; dans la période de 1858 à 1876, il fut, de plus, examinateur d'entrée à l'École Centrale et Président du Jury d'admission en 1879.

En même temps, il a professé les mathématiques spéciales et la géométrie descriptive au collège Chaptal, il a fait le cours de mécanique à l'Association polytechnique, où il a également fondé le cours des Arts appliqués à l'Industrie, il a occupé la chaire du Génie rural au Conservatoire des Arts et Métiers, etc., etc.

Mais toutes ces fonctions ne suffisaient pas à sa grande intelligence et à son étonnante activité : il fut Membre du Jury à l'Exposition de 1878, à celle d'Anvers en 1885, à la suite de laquelle il fut nommé commandeur de l'ordre du Cambodge ; Membre du Comité technique des machines à l'Exposition de 1889, où il fut, en outre, membre du comité d'organisation du Congrès international de Mécanique appliquée ; Membre du Conseil d'administration de la Société d'Encouragement ; Membre de la Commission permanente du Conseil supérieur de l'enseignement technique ; Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique ; Président de l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale en 1880-81 ; Président du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale en 1892 jusqu'en 1896, fonctions dont il se démit à cause de l'ébranlement de sa santé.

Brillant orateur, Charles de Comberousse, à l'occasion du cinquantenaire de la fondation de l'École Centrale, prononça le 21 juin 1879, au Trocadéro, un discours remarquable entre tous ceux que nous avons eu si souvent l'occasion d'applaudir à la Société, et dans les nombreuses réunions qu'il a été appelé à présider.

C'est à la suite de ce mémorable discours que notre éminent Collègue fut nommé Chevalier de la Légion d'honneur, distinction bien méritée et attendue depuis longtemps, surtout depuis la publication de sa célèbre *Histoire de l'École Centrale* qui a puissamment mis en lumière ses qualités de grand écrivain.

On avait de lui, auparavant, parmi tant d'autres ouvrages réputés dans l'instruction : le *Cours complet de mathématiques*, le *Traité de géométrie* (avec M. Eug. Rouché comme collaborateur), les *leçons de cosmographie*, le *cours de cinématique à l'École Centrale*, etc., et aussi ses nombreuses conférences populaires sur les *Grands Ingénieurs*, les *Voies de communication*, le *Commerce*, la *Coopération*, la *Femme dans la famille*, *Corneille*, *Molière*, etc., etc.

N'est-on pas surpris de voir, par cette récapitulation sommaire, tout ce qu'il peut y avoir dans la vie d'une grande personnalité et tout ce que peut produire une intelligence solidement trempée ?

Mais on comprend qu'en suite de tels labeurs, Charles de Comberousse ait aspiré au calme exclusif qu'il goûtait depuis une année au milieu des siens, quand, le 19 août dernier, il s'est doucement endormi dans le repos éternel.

A ses obsèques, sur le désir de sa famille, aucun discours n'a été prononcé : c'est pourquoi nous adressons ici ce soir à notre ancien et regretté Président le suprême adieu que nous voulions lui dire sur sa tombe au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. LE PRÉSIDENT a, en outre, le regret d'annoncer les décès suivants :

M. Georges Delaporte, Membre de la Société depuis 1871, s'est spécialement occupé d'éclairage au gaz, d'éclairage électrique et d'optique, chevalier de la Légion d'honneur ;

M. Charles Horstmann, Membre de la Société depuis 1883, a été directeur de filatures, de tissages et de blanchisseries ;

M. Albert Lévi Alvarès, Membre de la Société depuis 1863, a été Ingénieur-Conseil et Secrétaire du Comité de Paris de la Compagnie des Chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante, chevalier de la Légion d'honneur.

M. Félix Paponot, Membre de la Société depuis 1888, a été chef de section au canal de Suez et entrepreneur ;

M. Henri Pompon, Membre de la Société depuis 1876, a été chef du service de la construction à la Compagnie des Chemins de fer de l'Anjou ;

M. Abel Houlbrat, Membre de la Société depuis 1857, a été attaché au Chemin de fer du Midi, puis Ingénieur de la Société des Chemins de fer Russes et enfin expert près les tribunaux.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

MM. H. Haguet, F. Ladret, A. Le Page, L. Listchfousse, G. Richou et A. Villemer, chevaliers de la Légion d'honneur ;

MM. P.-H. Guérin et E.-V. Pierron, officiers de l'Instruction publique ;

MM. A. Rouart, J. Bouichou et L. Soux, officiers d'Académie ;

MM. R. Berge et A. Moisant, officiers du Mérite agricole ;

M. R. Guillemant, officier du Nicham Iftikar ;

M. P.-J. Bodin, Professeur titulaire du cours de Construction de machine (deuxième année), à l'École Centrale ;

M. E. Bertrand de Fontviolant, Professeur titulaire du cours de Résistance des matériaux, théorique et appliquée (deuxième année), à l'Ecole Centrale ;

M. L. de Chasseloup-Laubat, Commissaire-adjoint du Gouvernement français, aux Congrès de l'Exposition de Bruxelles ;

M. A. Lavezzari, Membre de la Société autrichienne pour le développement des chemins de fer secondaires ;

M. Jules Garçon a obtenu, à la Société industrielle de Mulhouse, le prix Daniel Dollffus pour son dictionnaire relatif à la teinture et à l'impression.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société qu'il a reçu :

1° Avis de l'ouverture d'un concours qui aura lieu le 20 octobre, pour la nomination à un emploi de professeur de dessin et de technologie à

l'École nationale pratique d'Ouvriers et de Contremaitres de Cluny (Saône-et-Loire);

2° Du Ministère des Colonies, les programme et cahier des charges d'une adjudication sur concours pour la fourniture du matériel roulant, le ballastage, fourniture et pose de voie et de matériel fixe pour le chemin de fer à voie de 1 *m* entre Hanoi et la frontière de Chine;

3° Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, deux lettres relatives :

La première, à la construction d'égouts à Santiago;

La seconde, au projet d'agrandissement du port de Poti.

Les documents relatifs à ce concours et à ces travaux sont déposés au Secrétariat à la disposition des Membres de la Société.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement :

Un ouvrage en anglais qui nous a été offert par MM. John Wiley and Sons intitulé : *Lectures on Explosives. A Course of Lectures prepared especially as a Manual and Guide in the Laboratory of the U. S. Artillery School by Willoughby Walke;*

De MM. Baudry et C^ie^, éditeurs, *Compte rendu des travaux du premier Congrès d'assainissement et de salubrité à Paris, 1895;*

De l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais, un magnifique ouvrage édité par cet Institut à l'occasion du cinquantenaire de leur fondation;

De MM. P. Vicq-Dunod et C^ie^, éditeurs, *Cours d'exploitation des mines,* par Haton de la Goupillière, seconde édition revue et considérablement augmentée avec la collaboration de Maxime Pellé, tome second;

De M. Lucien Henry, *Traité de géodésie tachéométrique ou le tachéomètre à la portée de tous;*

De M. A. Vinçotte, une collection de huit photographies montrant les différentes phases de la construction du pier de Blankenberghe, récemment visité par les Membres de la Société lors du dernier voyage en Belgique;

Enfin de MM. E. Bernard et C^ie^, la 11^e^ édition des *Notes et formules de l'Ingénieur;* M. Bernard reprend au prix de 5 *f* les exemplaires des dix précédentes éditions.

M. E. CACHEUX a fait parvenir à la Société le troisième bulletin trimestriel de l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes.

A l'occasion du voyage de M. le Président de la République en Russie, la Société a reçu des télégrammes extrêmement flatteurs des Ingénieurs de Saint-Pétersbourg et de Moscou. M. le Président Lippmann a répondu et les télégrammes dont les textes suivent doivent figurer dans le recueil qui sera remis au Czar et à M. le Président de la République :

« *M. Ed. Lippmann, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, Paris.*

» La Société Impériale technique de Russie, saluant avec les sentiments d'un cordial enthousiasme l'arrivée du Président de la République Française sur le sol russe, acclame en lui la grande nation dont il est le représentant. Arago, Navier, Coriolis, Poncelet, noms célèbres dans

l'univers, ces grands maitres qui furent aussi les nôtres servent de lien puissant entre nos deux Sociétés unies, et, suivant la même voie tracée par ces illustres fils de la France, elles accompliront dignement leur noble tâche pour le bien de l'humanité et pour la gloire de nos deux nations amies.

» *Le Président de la Société Impériale technique de Russie,*
» Général PETROW. »

« *Général Petrow, Président de la Société Impériale technique de Russie, Saint-Pétersbourg.*

» La Société des Ingénieurs Civils de France, adresse chaleureux remerciements pour témoignages affectueux et confraternels exprimés à l'occasion de l'heureux événement qui consolide l'union de nos deux pays et resserre encore plus étroitement nos liens sympathiques avec nos chers Collègues russes auxquels nous envoyons toutes nos meilleures amitiés.

» *Le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
» Ed. LIPPMANN. »

« *M. Ed. Lippmann, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, Paris.*

» Réunis le jour solennel de l'arrivée de M. le Président de la République Française, nous buvons à la gloire de la France et à la santé de nos Confrères français, Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France.

» SCHMOELLING, PRAWDZIK, FALEYEFF ZEDROWSKY, KOWALSKY. »

« *M. Schmoelling, Ingénieur, Moscou.*

» Les Ingénieurs Civils de France vous prient adresser à leurs Collègues de Moscou remerciements et témoignages de sympathie confraternelle en célébration de l'union amicale de nos deux pays.

» *Le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
» Ed. LIPPMANN. »

L'Institut royal des Ingénieurs néerlandais a célébré, le 31 août écoulé, le cinquantième anniversaire de sa fondation et, à cette occasion, le télégramme suivant a été envoyé :

« *Président Institut royal Ingénieurs néerlandais.*

» Société Ingénieurs Civils de France vous envoie à l'occasion du cinquantenaire de votre Institut l'expression de sa chaleureuse sympathie et l'assurance des liens d'amitié unissant depuis longtemps nos deux associations.

» *Le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
» Ed. LIPPMANN. »

Le télégramme suivant nous a été adressé en réponse :

« *Président Société Ingénieurs Civils de France.*

» Nous présentons nos remerciements pour sympathie.

» Signé : CONRAD,
» *Président Institut royal des Ingénieurs Néerlandais.* »

M. le Président a reçu une lettre de M. A. Suais, Ingénieur en chef de la Compagnie des chemins de fer éthiopiens, qui signale une erreur commise sur une des planches accompagnant la communication de M. Badois sur les *Réservoirs du Nil (Bulletin* de juin 1897). Ce dessin indiquait, en effet, l'Abyssinie comme restant sous le protectorat des Italiens. M. Badois a reconnu son erreur et l'a fait corriger sur le tirage à part. La lettre de M. Suais et la réponse de M. Badois seront insérées au Bulletin. Cela suffira pour établir qu'il n'y avait là qu'un erratum.

Au sujet de la même communication de M. Badois sur les *Barrages du Nil*, M. le Président a reçu une longue note de M. Cotard dont lecture sera donnée dans la prochaine séance en même temps que la réponse très circonstanciée et très intéressante faite à cette note par M. Badois.

Enfin M. Badois a écrit à M. le Président une lettre pour présenter à la Société le rapport de M. Da Costa Couto sur l'amélioration de la barre de Rio Grande do Sul. Cet ouvrage est déposé à la bibliothèque; un résumé en sera présenté, du reste, à la Société par M. Fleury dans une prochaine séance.

M. le Président informe qu'il a reçu du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts la circulaire et le programme concernant le Congrès des Sociétés savantes qui doit se tenir à la Sorbonne en 1898. Les membres qui désirent prendre part à ce Congrès pourront consulter ces documents qui sont déposés au secrétariat et se faire inscrire.

M. le Président demande à M. J. Fleury de vouloir bien donner aux membres de la Société quelques indications sur le 7e Congrès international de Navigation qui doit se tenir en 1898 à Bruxelles. M. Fleury avait déjà rendu compte des travaux du 6e Congrès tenu à La Haye en 1894, et nul mieux que notre Collègue n'est à même d'éclairer les Membres de la Société sur cette importante manifestation.

M. J. Fleury rappelle que les Congrès internationaux ont pris naissance en 1884 par le fait de l'initiative privée de quelques Ingénieurs belges qui s'intéressaient à ce qu'on appelle elliptiquement « Bruxelles port de mer ».

Dans les premiers congrès on ne s'occupait tout d'abord que de la navigation intérieure, mais l'année prochaine le Congrès sera à la fois un Congrès de navigation intérieure et de navigation maritime. Cette fusion de deux Congrès qui étaient distincts antérieurement permettra d'éviter des redites.

M. Fleury donne connaissance du programme arrêté par la Commission d'organisation. Les sections sont au nombre de quatre. La première, qui est relative aux rivières canalisées, traitera de plusieurs questions qui ont trait aux procédés à employer pour le relèvement du niveau d'une retenue, à la consolidation des radiers et des barrages, à l'utilisation des chutes d'eau, à la résistance au mouvement des bateaux et au mode de traction mécanique le long des canaux.

D'autres questions sont relatives aux rivières à marées, aux canaux maritimes, aux dragages, aux ports maritimes, aux ports francs et enfin aux taxes de péages et aux frais de place.

Toutes ces questions sont de la plus haute importance et beaucoup de Membres de la Société en ont fait l'objet d'études spéciales. Aussi M. Fleury pense-t-il que la Société sera dignement représentée à ce Congrès.

En outre des séances, il y aura de nombreuses excursions et M. Fleury termine en exprimant le vœu de voir les Ingénieurs Civils assister à ce Congrès en grand nombre, prendre part aux discussions et même présenter des mémoires et des rapports.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. J. Fleury et s'associe à son désir de voir notre Société occuper une place importante dans ce très intéressant Congrès; il lui demande s'il est en mesure de donner un compte rendu sommaire du Congrès des Naval Architects auquel il a assisté à Londres.

M. J. FLEURY répond que MM. de Chasseloup-Laubat et de Dax qui l'accompagnaient comme délégués de la Société ont bien voulu lui promettre quelques photographies qui ne sont pas encore terminées. Dès que les clichés seront prêts, M. Fleury les fera passer sous les yeux des Membres de la Société en appliquant à chacun d'eux le commentaire approprié.

La réception faite aux délégués de la Société a été cordiale et pleine d'amabilité, de faste et empreinte de sentiments généreux.

M. LE PRÉSIDENT informe les Membres de la Société qu'en raison du grand nombre de questions inscrites à l'ordre du jour, la communication de M. L. Langlois sur *les Conséquences à tirer de l'Étude technique de la catastrophe de Bouzey* est remise au 15 octobre, puis il donne la parole à M. N. BELELUBSKY qui veut bien présenter un *compte rendu du Congrès de Stockholm*. M. le Président ajoute que M. Belelubsky a déjà fait à la Société de nombreuses communications qui ont été particulièrement intéressantes, et comme représentant la Russie, notre estimé Collègue est doublement notre ami. *(Applaudissements.)*

La note de M. N. Belelubsky sur *le Congrès d'essai des matériaux de Stockholm* sera insérée au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. N. Belelubsky d'avoir bien voulu initier la Société aux intéressants travaux qui ont été étudiés à ce Congrès, et d'avoir fait connaître quelle grande participation y ont prise les Ingénieurs français.

M. LE PRÉSIDENT dit que, pendant le voyage de Belgique, il a reçu, à Bruxelles, du Président du Comité central des Ingénieurs et Architectes suisses une lettre demandant que des délégués soient désignés pour assister au Congrès qui, cette année, se tenait à Bâle. L'invitation n'a pu être communiquée aux Membres de la Société, mais une séance du Bureau, tenue en Belgique, a délégué MM. G. Dumont et G. Baignères pour représenter les Ingénieurs civils de France. M. le Président donne la parole à M. Dumont pour rendre compte sommairement de ce Congrès.

M. G. DUMONT expose que les Ingénieurs et Architectes suisses ont l'habitude de se réunir tous les deux ans dans une grande ville de leur pays pour tenir un Congrès où l'on traite diverses questions relatives à ces deux branches du Génie civil.

Cette année, ce Congrès avait lieu à Bâle, et les Ingénieurs et Architectes suisses ont été heureux de recevoir des délégués venus de Paris pour se joindre à nos Collègues, délégués également par notre Société, MM. Mertz, constructeur à Bâle et Paur, Ingénieur à Zurich.

Le Congrès, qui dure deux jours, consiste en communications et en visites d'usines. C'est sur les usines que l'attention s'est particulièrement portée, et on a commencé par celle de M. Mertz, Membre de la Société. L'usine de notre Collègue, qui occupe 250 ouvriers, est particulièrement bien installée ; elle comprend un atelier d'ajustage, une fonderie, une chaudronnerie, un atelier de menuiserie et 140 machines-outils des plus perfectionnées actionnées par 2 machines à vapeur. L'une, du système Mertz-Brown est particulièrement intéressante.

9 grues roulantes servent au transport des grosses pièces et une usine à gaz d'huile fournit l'éclairage.

On a vu là en fabrication des machines à vapeur verticales-tandem équilibrées du nouveau système breveté Mertz-Brown, des réchauffeurs et condensateurs, des appareils spéciaux dits Humecteurs Mertz, pour l'humidification rationnelle de l'air pour filatures, tissages et autres locaux industriels, des ventilateurs type Blackmann, des pompes à pistons à haute pression, des pompes rotatives et à leviers, des gazomètres et des réservoirs, des filtres automatiques pour l'épuration de l'eau, des machines à glace, etc.

Notre Collègue est un des constructeurs les plus estimés de la Suisse.

Le Congrès a été ouvert par un discours du Président du Comité local, M. Vischer, Architecte, et après l'expédition de diverses affaires, M. Reese, conseiller d'État, a entretenu l'assemblée du développement pris par la ville de Bâle depuis 1881. Chacun des membres a reçu un album représentant les vues des principaux monuments de Bâle, et M. Dumont se fait un plaisir de remettre à la Société celui qui lui a été offert.

A midi et demi, un banquet réunissait tous les congressistes et les invités au Casino de la ville. Plusieurs discours importants ont été prononcés par les présidents du Comité local et du Comité central, par le délégué du Gouvernement et d'autres personnalités appartenant au monde des Ingénieurs et des Architectes.

Après les discours officiels, en sa qualité de vice-président délégué par notre Société, M. Dumont a remercié les Ingénieurs et Architectes de l'aimable invitation qui nous a été adressée ; il a dit qu'à la suite de la brillante réception qui venait de nous être faite par nos Collègues de Belgique, il lui était agréable d'avoir été désigné pour apporter aux Ingénieurs et Architectes suisses l'expression de nos sentiments de bonne confraternité. Il a fait l'éloge des travaux remarquables exécutés en Suisse, et, en sa qualité d'électricien, il a rendu hommage au génie de ce pays qui, en l'absence de houille, a su si bien utiliser les magnifiques chutes dont il dispose en grande abondance. En terminant, il a levé son verre à la prospérité et à la grandeur du génie industriel suisse. M. G. Dumont a donné rendez-vous à nos Collègues à l'Exposition de 1900 où nous serons très heureux de les recevoir.

Nos Collègues, très touchés des marques de sympathie des Ingénieurs

civils de France, ont prié M. Dumont d'être leur interprète auprès de la Société.

L'après-midi s'est terminée par une excursion à Arlesheim, localité des environs de Bâle où il existe un ancien ermitage admirablement situé sur une hauteur.

Le lendemain on a visité l'exposition du peintre Böcklins, puis on s'est rendu aux usines d'électricité de M. Alioth à Münchenstein. Cette usine utilise une chute d'eau de 300 *ch* qui actionne des dynamos à courant continu. A l'usine, située à une centaine de mètres de la chute, le courant commande un grand nombre de moteurs servant à la conduite des machines-outils. Pour permettre aux visiteurs de se rendre compte du fonctionnement des moteurs à courants alternatifs, M. Alioth a fait installer une de ses machines commutatrices qui transforme le courant continu en courant alternatif.

Toutes ces applications sont parfaitement réussies et l'activité de l'usine est en rapport avec l'activité industrielle de la Suisse.

M. Alioth avait tenu à faire lui-même les honneurs de son établissement et il a été chaleureusement remercié de l'extrême obligeance avec laquelle il a signalé tous les perfectionnements apportés dans la construction des divers éléments de ses machines électriques.

Un déjeuner officiel réunissait de nouveau à midi, au Casino de la ville, les membres du Congrès qui, à deux heures, se sont mis en route pour Rheinfelden où l'on est en train de construire une usine hydraulique d'une puissance de 16 000 *ch*. La chute est créée par une dérivation du Rhin qui, à cet endroit, est extrêmement rapide. L'usine est située en territoire allemand, les bâtiments sont terminés et l'on commence à installer les turbines du type Escher et Wyss, de Zurich, actionnant directement des dynamos à axe vertical à courants alternatifs triphasés.

L'usine comportera 20 unités de 840 *ch*. On se propose de fournir l'énergie à diverses localités entre autres à la ville de Bâle, et à proximité de l'usine s'élèvent des constructions où l'on fabriquera de l'aluminium, du carbure de calcium et des charbons à lumière.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Dumont d'avoir bien voulu donner le compte rendu rapide de sa mission à Bâle et d'avoir, avec M. Baignères, représenté aussi bien la Société au Congrès des Ingénieurs et Architectes Suisses. M. le Président fait remarquer que le déplacement des Ingénieurs civils est du meilleur effet. C'est par ces déplacements, par ce contact avec les Ingénieurs de tous les pays, Belges, Suédois, Anglais, Suisses, Russes, etc., que la Société arrivera à devenir une véritable puissance. M. le Président ajoute que, dans ces excursions, il fallait s'attacher à faire remarquer que notre Société, en s'intitulant : Société des Ingénieurs Civils *de France*, ne voulait pas exprimer qu'elle était essentiellement composée d'Ingénieurs français, mais qu'elle spécifiait que son siège était à Paris et que nous considérions l'hôtel de la rue Blanche comme le foyer universel du Génie civil. *(Applaudissements.)*

Pour compléter la série des voyages, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à MM. R. Soreau et V. Langlois pour *le compte rendu du voyage de la Société en Belgique*.

M. R. Soreau dit qu'une circonstance fâcheuse à tous égards l'amène à faire le compte rendu du voyage en Belgique : M. Lavezzari, chargé de ce soin, est tombé subitement malade, et la Société voudra bien se contenter d'une notice écrite hâtivement.

La partie technique porte plus spécialement sur les visites suivantes : Galerie des machines à l'Exposition de Bruxelles, section du Génie Civil ; Palais colonial et hall du matériel de chemins de fer à l'Exposition de Tervueren ; carrières de porphyre de Quenast ; nouvelle gare d'Anvers et agrandissement du port ; travaux à Heyst et à Bruges ; pier de Blankenberghe ; glacerie de Courcelles ; Société Marcinelle et Couillet. M. Soreau décrit aussi les splendides réceptions que nous ont faites les Ingénieurs belges, ainsi que les autorités communales, les industriels et les entrepreneurs ; car, dit-il, ces réceptions ont scellé la bonne confraternité et, à ce titre, elles ont une importance aussi grande que la partie technique. Le voyage nous a beaucoup appris, tant au point de vue professionnel qu'au point de vue plus élevé des idées générales. C'est ainsi que les excursionnistes ont admiré la rapide transformation de Bruxelles, la commodité et le luxe de ses moyens de transport en commun ; qu'ils ont assisté aux débuts si prospères d'une œuvre coloniale datant de dix années à peine ; qu'ils ont senti l'énorme besoin d'expansion de la Belgique, dont l'activité s'accommode mal de ses étroites frontières. Ils ont vu quel vaste plan de travaux ce besoin a fait naître : des centaines de millions ont été ou sont dépensés à Anvers, à Bruges, à Ostende et vont l'être à Bruxelles.

M. le Président est très reconnaissant à M. Soreau d'avoir bien voulu accepter, pour ainsi dire à la dernière heure, de se substituer à M. Lavezzari qui s'était gracieusement chargé de faire le compte rendu d'une partie de nos visites techniques ; il le remercie vivement de nous avoir fait une communication aussi intéressante et aussi complète sans avoir été à même de prendre des notes sur place à cet effet ; enfin il lui sait le plus grand gré d'avoir pu, en si bons termes, faire ressortir toute la cordialité et la sincère confraternité qui ont présidé à toutes les réceptions industrielles, officielles et privées qui nous ont été faites d'une façon aussi brillante et aussi généreuse.

M. J. Gaudry demande la parole et dit que, comme doyen d'âge des Collègues ayant pris part à l'excursion en Belgique, c'est à lui que revient le devoir de demander un vote de félicitations et de remerciement pour M. le Président Lippmann qui a si dignement représenté en Belgique notre Société des Ingénieurs Civils et notre cher pays de France.

Il demande que dans la même expression des sentiments de la Société soient compris, bien entendu, MM. nos Vice-Présidents et Secrétaires. *(Applaudissements.)*

M. le Président est très touché des paroles de M. Gaudry et des applaudissements qu'elles ont provoqués. Il est heureux d'obtenir ainsi l'assurance d'avoir rempli à la satisfaction de tous la mission délicate et sérieuse que lui imposait la situation élevée qu'il a le très grand honneur d'occuper dans la Société. Mais comme le dit fort bien M. Gaudry

cette tâche lui a été très facilitée par les Membres du Bureau et du Comité qui se sont groupés autour de lui, ainsi que par tous les Collègues qui l'ont accompagné, comme aussi, pour beaucoup, par la grande renommée de notre Société, par le souvenir de la réception qu'elle a faite, en 1889, aux Ingénieurs étrangers, enfin surtout par la reconnaissance de nos voisins du Nord envers tous les exposants français qui ont tenu à concourir au succès de l'Exposition universelle de Bruxelles.

La parole est ensuite donnée à M. V. Langlois pour achever *le Compte rendu du voyage en Belgique.*

M. V. Langlois, étant donnée l'heure avancée, ne veut pas abuser de la patience de ses Collègues et, très brièvement, communique un résumé de son rapport, lequel sera exposé plus largement dans le *Bulletin*.

Il parle de la visite faite à l'Exposition sous la conduite de M. Léon Gérard, Président de la Société des Ingénieurs de Bruxelles et de M. Travailler, Ingénieur de l'Usine Municipale d'Électricité de Bruxelles,

Il passe tout d'abord à la description des différents types de machines motrices et de dynamos servant à transmettre la force et à produire la lumière dans les diverses classes de l'Exposition.

Il cite ainsi les maisons: Gramme, Henrion, Bardon, Bréguet, représentant la France;

Dierman et Cie, Jaspar, Société Phœnix, etc., représentant l'étranger.

Il donne ensuite quelques renseignements au sujet du mode d'éclairage dans le Parc du Cinquantenaire et dans les différentes parties de l'Exposition.

Puis, revenant à la Salle des Machines, il cite les maisons exposant des machines ou appareils relatifs à l'industrie électrique.

La maison Dierman et Cie, de Liège, qui expose une pompe électrique de mines, système Sulzer, débitant 25 *l* à la seconde à 100 *m* de hauteur.

La maison Lebrun, de Nimy, présente une locomotive de mines à trolley, ainsi qu'un treuil de mines.

Il signale, comme très intéressante et très variée, l'exposition de la maison Ganz et Cie, de Budapest, où l'on remarque, depuis des ventilateurs électriques minuscules, jusqu'à des turbines à eau de 350 *ch*, ainsi que des dynamos à courant continu, à courants monophasés, triphasés, polyphasés, des moteurs pour tramways, soit à courant continu, soit à courants triphasés; des appareils de tableaux de distribution; des « controllers » de tramways, des appareils de mesure, etc., etc.

Fort intéressante aussi l'exposition de « l'Union Electricitatts-Gesellschaft, de Berlin qui, indépendamment des machines-outils actionnées directement par moteurs électriques, expose:

1° Un cabestan électrique pour haler et ranger les wagons sur les chemins de fer d'usines;

2° Une grue pivotante électrique remarquable par la simplicité de ses organes de commande;

3° Une locomotive électrique de mines;

4° Une dynamo perforatrice qui sert à actionner des perforatrices pour le creusement des trous de mines dans les roches;

3° Deux trucks pour tramways : l'un pourvu d'un moteur de 20 *ch* à « controller » et d'un frein électrique; l'autre de 30 *ch* à « controller » avec frein à air servant pour tramways à canalisation souterraine.

Puis dans la section des instruments de mesure, les maisons Richard, Chauvin et Arnoux, Ducretet et Lejeune, etc., représentant la France; les maisons Elliott frères, de Londres, Hartmann et Braun, de Francfort.

M. V. Langlois parle ensuite du transport par courants triphasés dû à la Société « Siemens et Halske » de Berlin.

L'usine génératrice se trouve à Tervueren, à 15 *km* environ de l'usine réceptrice, qui est dans le parc du Cinquantenaire à Bruxelles.

La tension entre les deux usines est de 4 500 volts. Cette tension est ramenée à 120 volts par deux transformateurs.

A ce voltage, le courant est distribué :

1° A deux moteurs actionnant la pompe des fontaines lumineuses;

2° A un moteur d'un cheval lequel peut actionner par une flexible une des deux perforatrices exposées : l'une rotative, l'autre à percussion.

L'Exposition à Tervueren ne présente rien de saillant au point de vue électrique si ce n'est la station génératrice du transport dont il a été question plus haut.

M. V. Langlois parle ensuite de la visite à l'Usine Municipale d'Électricité de Bruxelles; il regrette, toujours à cause de l'heure tardive, de ne pouvoir, ce soir, décrire en détails cette intéressante usine, mais nos Collègues en trouveront la description complète dans le *Bulletin*.

Il donne quelques prix auxquels le courant électrique est livré; les particuliers paient le kilowatt-heure 0,70 *f.*

Pour les lampes participant à l'éclairage public : étalages, vitrines, terrasses de café, etc., le prix du kilowatt-heure est de 0,50 *f.*

Au-dessus d'une dépense annuelle 3 500 *f*, il est accordé un rabais de 25 0/0 pour les kilowatts supplémentaires. Enfin, pour les moteurs électriques, le prix du courant est de 0,40 le kilowatt-heure.

A propos de la visite au port de Heyst qui est en construction, M. V. Langlois parle de l'éclairage électrique et du transport de force installés par notre Collègue, M. Hillairet.

Les deux dragues qui servent à faire les fouilles sont éclairées à l'électricité.

Les machines à faire les briques nécessaires aux travaux, les ateliers de réparation et de construction, les pompes d'épuisement, les concasseurs, les broyeurs à mortier, l'atelier de charpentes sont actionnés électriquement.

La dernière journée du voyage a été consacrée en partie à la visite des ateliers de la Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi.

Cette usine, une des plus importantes de Belgique, construit des dynamos, des ponts roulants, des ascenseurs, monte-charges, moteurs pour tramways, perforatrices, lampes à arc, appareillage, enfin tout le matériel électrique.

M. V. Langlois ajoute qu'il ne saurait terminer sans remercier M. Léon Gérard, Directeur-adjoint de l'Institut Solvay, qui avait invité nos Collègues à visiter cet établissement.

C'est M. Gérard qui a étudié les bâtiments et en a dirigé les travaux de construction; il y a appliqué le résultat d'expériences personnelles.

M. V. Langlois, parlant des différents locaux de l'Institut Solvay qui sont fort bien aménagés, termine en remerciant tous les Ingénieurs Belges qui se sont efforcés, pendant le séjour de nos Collègues en Belgique, de leur être agréables, et qui ont fait preuve d'une exquise urbanité et d'une parfaite confraternité.

M. LE PRÉSIDENT regrette qu'en raison de l'heure avancée M. Langlois ait été obligé, comme déjà M. Soreau, d'écourter son mémoire qui sera inséré *in extenso* au *Bulletin*. Il remercie collectivement MM. R. Soreau et V. Langlois d'avoir si bien répondu à notre attente en donnant la description de tout ce qui a été vu pendant les cinq belles journées que les Ingénieurs ont passées en Belgique.

M. LE PRÉSIDENT aurait voulu faire aujourd'hui même le récit des magnifiques fêtes qui ont été données en notre honneur et des réceptions cordiales et ininterrompues dont nous avons été l'objet, malheureusement le temps lui fait défaut; mais il demande l'autorisation de joindre aux mémoires qui seront insérés au *Bulletin* la liste des hôtes qui nous ont si généreusement reçus et qui, surtout, nous ont témoigné une si grande sympathie; de cette façon, tous les Membres pourront s'associer à la dette de reconnaissance que nous avons contractée envers nos Collègues de Belgique et envers les autorités communales, les fonctionnaires et les grands industriels qui ont fait assaut d'aménité et de courtoisie à notre égard.

M. LE PRÉSIDENT signale tout spécialement à l'expression de notre gratitude, M. van Lint, Secrétaire de l'Association des Élèves de l'École de Gand qui, au prix de mille fatigues, a présidé, avec un zèle extraordinaire, à l'organisation et à la réalisation du programme attrayant qui avait été arrêté pour ce mémorable voyage.

Il n'oubliera pas non plus de parler de notre Secrétaire Administratif, M. de Dax, dont tout le monde a pu apprécier le concours utile et précieux.

Enfin M. LE PRÉSIDENT dit qu'il manquerait à tous ses devoirs en n'envoyant pas un souvenir aimable aux dames qui ont bien voulu être du voyage et dont la présence a jeté dans nos réunions un éclat joyeux comparable à celui des gais rayons du soleil qui, comme l'a déjà dit M. Soreau, a bien voulu être de toutes nos parties. On aimait à entendre le timbre harmonieux de nos compagnes se mêler avec enthousiasme aux vivats, aux cris mille fois répétés, chaque jour, sur notre passage, de : vive la France! vive la Belgique!

M. LE PRÉSIDENT termine en demandant aux membres de la Société de répondre par leurs applaudissements à l'assurance qu'il peut leur donner de la bonne confraternité, de la franche sympathie, de la profonde cordialité qui cimentent maintenant une union solide entre les Ingénieurs français et les Ingénieurs belges qui ont bien voulu promettre de venir nous voir en grand nombre en 1900. *(Applaudissements prolongés et répétés.)*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. J. Curie, Ch. J. O. Deldique, A. Dufour, P. Griveaud, H. Lebrun, comme Membres sociétaires et de M. G. de Bengy Puyvallée comme Membre associé.

MM. H. A. O. Boursault, J. B. Clamens, J. H. Fleming, R. B. Gross, L. Liais, V. H. Luckhaus, C. Ph. de Magalhaes Gomes, V. Sailly, A. H. Savy, H. K. Scott et S. Singer sont reçus Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
G. Baignères.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 OCTOBRE 1897

Présidence de M. Ed. Lippmann, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

Parmi les ouvrages reçus M. le Président signale plus spécialement :

1° De M. Jules Garçon, *la Pratique du teinturier*, tome III : Les recettes types et les procédés spéciaux de teinture ;

2° De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs, *Fabrication de l'acier et Procédés de forgeage de diverses pièces*, par M. C. Chômienne.

3° De M. L. Courtier, une *carte du Soudan français* dressée par M. le lieutenant Pallier de l'infanterie de marine, et deux planches relatives au *Tout à l'égout*.

M. le Président informe que le nombre des délégués aux fêtes du cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège s'élève à 26 et que le Bureau de la Société sera représenté dans cette délégation par M. G. Dumont, vice-Président.

M. le Président pense qu'en vertu de la décision du Comité relative au paiement seul du droit d'admission, et à l'ajournement du paiement de la cotisation à l'année suivante pour tout nouveau membre, présenté à partir du 1er octobre, le nombre des adhérents croîtra ; il fait un chaleureux appel à tous nos collègues et il espère ainsi qu'on atteindra facilement, en fin d'exercice, le chiffre de 400 nouveaux membres, puisque déjà nous avons obtenu cette année 379 présentations.

M. le Président ajoute que le Comité a également décidé de reporter au mois de mars prochain, époque à laquelle auront lieu les fêtes du

cinquantenaire de la Société, le Congrès annuel qui devait se tenir dans la seconde quinzaine de décembre.

M. LE PRÉSIDENT, en conformité de l'annonce faite dans la dernière séance, prie M. le Secrétaire de donner lecture des lettres de MM. Ch. Cotard et E. Badois, au sujet de la communication de ce dernier sur les *barrages du Nil*.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. Cotard et Badois d'avoir présenté ces intéressantes observations qui pourront donner lieu à une utile discussion ultérieure, ces deux lettres devant être publiées dans un des prochains *Bulletins*.

M. S. PÉRISSÉ demande si le nécessaire a été fait pour qu'au moment du Congrès, qui est reculé au mois de mars 1898, la Société soit pourvue d'une salle de séance plus confortable.

M. LE PRÉSIDENT, en réponse à la demande de M. Périssé, est heureux d'annoncer que le Comité s'est préoccupé de la question, et a voté un crédit très important pour la décoration de la grande salle des séances. La question du plancher mobile est résolue, et son bon fonctionnement est, paraît-il, assuré. De plus il a été étudié une décoration qui, non seulement plaira à l'œil, mais encore permettra de remédier au défaut d'acoustique de la salle. M. le Président estime qu'à la fin de novembre tout sera terminé et que la première séance de décembre aura lieu dans une salle convenablement décorée.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Dumont pour présenter la communication de MM. G. Dumont et G. Baignères sur *l'utilisation des puissances naturelles : transport à grande distance et distribution de l'énergie électrique*.

M. G. DUMONT rappelle brièvement les origines des transmissions électriques et fait connaître que, grâce aux progrès réalisés dans le domaine de l'électricité, on est arrivé aujourd'hui à produire et à transmettre l'énergie à des distances considérables avec des rendements très acceptables, variant de 0,65 à 0,75. On a recours soit au courant continu de haute tension, soit au courant alternatif.

Dans l'un et l'autre cas, le transport à grande distance ne peut s'effectuer économiquement qu'en réduisant convenablement les frais d'établissement de la ligne conductrice, ce qui implique l'emploi de la haute tension.

Il y a quelques années, les tensions de 5 000 volts paraissaient excessives, aujourd'hui on atteint et on dépasse même 15 000 volts.

M. Dumont donne ensuite la caractéristique de chacun des systèmes de transport d'énergie par courant continu et par courant alternatif, puis il examine en détail leur mode d'installation, leur fonctionnement ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

L'orateur est amené à étudier les conditions d'établissement des lignes qui, pour les hautes tensions, exigent des précautions spéciales, il cite à l'appui divers systèmes en usage.

Dans un dernier chapitre M. Dumont passe en revue les divers transports d'énergie installés en Suisse et en France, et il constate que

dans certains centres on est arrivé à des prix de vente du kilowatt extraordinaires de bon marché.

C'est grâce à l'utilisation des puissances naturelles que ce résultat a pu être atteint, et la question a paru tellement importante que MM. Turrel, Ministre des Travaux publics, et Barthou, Ministre de l'Intérieur, viennent d'élaborer un projet de réglementation pour les concessions de forces motrices à faire soit à la demande des communes, soit à des Sociétés d'exploitation plus ou moins importantes.

M. LE PRÉSIDENT remercie MM. G. Dumont et G. Baignères de leur intéressante communication, qui donne un aperçu des moyens puissants dont on dispose actuellement pour asservir les puissances naturelles. Cette communication viendra compléter, au *Bulletin*, celle que nos Collègues nous ont présentée en décembre 1894 sur les transmissions électriques par courant continu. Il sait gré à M. Dumont d'avoir bien voulu nous présenter ce travail avec la haute compétence qu'il a conquise en la matière.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. M.-L. Langlois pour sa communication sur les *conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey* (1re partie).

M. M.-L. LANGLOIS expose que sa communication comprendra trois parties :

1° Fautes commises dans la construction du barrage de Bouzey ;

2° Règles à suivre dans la construction d'un barrage ;

3° Calcul rationnel d'un barrage courbe, à une ou plusieurs branches.

Dans cette séance, M. Langlois n'aborde que la première partie de sa communication.

Il commence par un historique sommaire du barrage de Bouzey : construction initiale, 1879-80 ; première mise en service, 1881 ; premier accident, 1884 ; restauration, 1888-89 ; seconde mise en service, fin 1889 ; accident final, 27 avril 1895.

M. Langlois passe ensuite à l'étude des fautes de construction du barrage, qui peuvent se résumer comme suit :

1° Terrain de fondation. — Mal reconnu, il ne possédait pas les qualités d'inaffouillabilité et d'incompressibilité que lui prêtaient les Ingénieurs.

La perméabilité constatée a été combattue d'une façon inefficace par un mur de garde, qui n'a pas empêché les infiltrations.

La suppression des enracinements de la base dans le sol a facilité le mouvement de 1884.

2° Matériaux. — Moellons du pays, non essayés au préalable, et moins résistants que ne le disaient les Ingénieurs. Le poli de leurs surfaces et les grains de mica dont ils étaient émaillés nuisaient à l'adhérence du mortier avec la pierre.

Le mortier, qui n'a été essayé qu'à un dosage différent de celui adopté pour la digue, était très médiocre. Peu résistant et très poreux, à cause de la très grande finesse du sable et de l'argile qu'il contenait, ce mortier n'a pas opposé une résistance suffisante aux tractions de l'amont du barrage et aux efforts parasites dus à la dilatation ;

3° Profil. — Trop maigre, il a entraîné aux conséquences suivantes :

a) La stabilité de la digue au glissement était à peine assuré sans sous-pression sous sa base ; à plus forte raison avec la sous-pression résultant des infiltrations.

b) La stabilité au renversement était assurée sans sous-pression ; mais elle ne l'était plus avec la sous-pression existante.

c) Des tensions assez importantes se développaient à l'amont, pour la retenue maxima, et se changeaient en compressions lorsque le niveau de l'eau s'abaissait de 1,50 *m* seulement.

Il en est résulté l'ouverture de certains points de l'amont, qui ont entraîné la chute finale du barrage ;

4° Tracé rectiligne. — Le tracé rectiligne, sur une longueur de 520 *m* en couronne, a été une très grosse faute, mise en lumière par une théorie nouvelle de M. Langlois.

La forme droite développe dans la masse de la maçonnerie des efforts parasites :

d) Tensions ou compressions ;

e) Efforts de cisaillement longitudinal ;

dont l'importance est mesurée par les fissurages nombreux dus aux variations de température.

Ces efforts ont fatigué beaucoup l'ouvrage ; et, en se combinant avec les tractions de l'amont résultant de la maigreur du profil, ont contribué à la catastrophe du 27 avril 1895.

M. le Président félicite M. Langlois de l'ordre, de la méthode et de la clarté avec lesquels il a exposé son étude, et qui font que ses théories, ses raisonnements et ses calculs, quelque abstraits qu'ils puissent être, ont été suivis et écoutés sans fatigue. Aussi est-ce avec le plus grand plaisir que M. le Président donne rendez-vous à M. Langlois à la prochaine séance pour présenter la seconde partie de sa très intéressante communication.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. J.-A. Araujo de Vasconcellos, Ch. Camuset, O. Chanute. A.-C. Chardonneau, E. Chaudoir. J. Chollot, P.-L. Coulbeaux, H. Delepaulle, baron E. de Dorlodot, A. Droit, L. Gérard, L. Giraud, J. Glisczynski, H. Hubac, Ch. Jacques, L. Laporte, E. Lelong, C. Lordier, L. Mégy, H. Minuit, J. Nogales Lopez, A. Paillard. E. Purpan, C. Roche, F.-J. Roulleau, C. Schestakoff, C.-L. Somzée, G. Somzée, H. Squilbin, P. Thiéry, P.-L. Vincent, A. Warin et E. Warin, comme membres sociétaires, et de MM. A.-A. Bouline, B. Delgutte et J. Sternberg comme membres associés.

MM. P.-J. Curie, Ch.-J.-O. Deldique, A. Dufour, P. Griveaud et H. Lebrun sont reçus membres sociétaires.

Et M. G. de Bengy-Puyvallée, membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
G. Baignères.

UTILISATION DES PUISSANCES NATURELLES

TRANSPORT ET DISTRIBUTION

DE

L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

PAR

MM. G. DUMONT & G. BAIGNÈRES

Nous avons eu l'occasion d'entretenir la Société des Ingénieurs civils de plusieurs applications importantes de l'électricité, notamment de l'éclairage des gares de chemins de fer, chantiers, etc., et de la distribution de l'énergie électrique dans les usines et ateliers de construction. Toutes ces applications ne nécessitent qu'un réseau de distribution plus ou moins étendu, mais non ce qu'on est convenu d'appeler un transport de force ou d'énergie à grande distance.

Dans ce dernier cas, en effet, on se propose d'utiliser des forces naturelles là où elles se trouvent, c'est-à-dire généralement dans des endroits éloignés des centres industriels, pour produire de l'énergie électrique qui est amenée par une ou plusieurs lignes à une ville ou à un groupe de villes et de villages, où elle trouve son emploi aussi bien pour l'éclairage que pour la conduite des moteurs, les opérations électro-chimiques, etc.

Il est inutile d'insister sur l'utilité de pareils transports de force; elle apparut avec évidence dès que l'on fut en possession de la dynamo industrielle et que l'on eut constaté la réversibilité de cette machine. Il y a quinze ans, M. Marcel Deprez prit l'initiative d'expériences qui devaient permettre la solution pratique de problèmes insuffisamment résolus jusqu'alors par l'emploi des câbles télédynamiques, des canalisations d'eau à haute pression ou même des canalisations à air comprimé.

Ces intéressantes expériences, qui ont soulevé de vives controverses parmi les savants et les industriels, n'avaient pas été *suivies* d'applications pratiques, faute de la création d'un matériel de

dynamos et de lignes de transport pouvant donner un rendement suffisamment rémunérateur.

Mais, depuis, grâce aux études persévérantes des électriciens, on a pu créer des types de génératrices, de réceptrices, et d'appareils transformateurs qui permettent de résoudre le problème du transport de l'énergie à grande distance et de son utilisation avec une économie suffisante et une complète commodité.

Il était assez naturel que la Suisse, qui ne possède pas de mines de houille, mais qui a des forces hydrauliques naturelles évaluées à plus de 4 millions de chevaux dont 600 000 environ sont utilisables, se livrât tout d'abord à ces applications et mît ces forces naturelles à la disposition de son industrie.

La création des grands transports d'énergie électrique en Suisse et la distribution de cette énergie dans une quantité de régions comprenant de grandes et de petites usines, même des ateliers d'artisans, a eu pour effet de développer singulièrement l'activité industrielle de ces régions qui ont trouvé dans l'emploi des moteurs électriques à la fois économie de main-d'œuvre et rapidité d'exécution.

Dans d'autres pays, tels que la France, par exemple, où il existe de la houille, mais en quantité insuffisante pour satisfaire complètement aux besoins de l'industrie, le problème de l'utilisation des forces motrices naturelles, pour être moins impérieux, n'en est pas moins intéressant. Nous possédons, en effet, de grands cours d'eau dont on pourrait sans inconvénient utiliser la puissance motrice ; aussi avons-nous pensé que la Société des Ingénieurs civils prendrait quelque intérêt à être mise sommairement au courant des solutions actuellement adoptées pour les transports d'énergie électrique à grande distance.

Tel est le but de la note que nous avions rédigée et qui figurait à l'ordre du jour de nos séances lorsque MM. Turrel, ministre des Travaux publics, et Barthou, ministre de l'Intérieur, ont élaboré un projet de réglementation pour les concessions de forces motrices à faire soit à la demande des communes, soit à des sociétés d'exploitation plus ou moins importantes, et l'ont fait précéder d'un exposé des motifs dans lequel ils engagent les populations placées à proximité des chutes d'eau à recourir le plus possible à l'emploi de ces forces naturelles que la science est enfin parvenue à dompter.

Nous pensons donc que la communication que nous avions préparée vient en son temps, puisque nous y indiquons :

1° Les différents systèmes de transport de l'énergie que l'on peut adopter suivant les données du problème ;

2° Les conditions d'établissement des lignes de transport de l'énergie ;

3° Le développement pris par les transports de force en Suisse et en France ;

4° Les exemples les plus typiques de transports réalisés tant en Suisse qu'en France, et les prix auxquels on peut livrer l'énergie électrique.

Exposé sommaire des différents systèmes de transport de l'énergie.

On possède aujourd'hui deux moyens également pratiques de faire du transport d'énergie par le courant électrique.

On peut, en effet, employer ce courant sous la forme continue, ou sous la forme alternative.

Dans l'un et l'autre cas, le transport à grande distance ne peut s'effectuer économiquement qu'en réduisant convenablement les frais d'établissement de la ligne conductrice, ce qui implique l'emploi de la haute tension.

Il y a quelques années, les tensions de 5 000 volts paraissaient excessives ; aujourd'hui on atteint et on dépasse même 15 000 volts.

Ainsi :

A Buffalo (Niagara), on transporte 10 000 à 50 000 *ch* à 40 *km* au moyen de courants triphasés de 11 000 à 20 000 volts ;

A Fresno (Californie), on transporte 1 400 *ch* à 56 *km* par courants triphasés de 11 000 volts ;

A Brescia (Italie), on transmet 700 *ch* à 20 *km* par courant continu de 1 500 volts ;

Enfin, à Zurich (Suisse), il existe un transport de 450 *ch* à 25 *km* par courants triphasés de 13 000 volts.

Transport de force par courant continu.

La première application du courant continu pour le transport de la force à grande distance a été faite en 1889 par la Compagnie de l'Industrie électrique de Genève sur un circuit de 48 *km*.

Le courant est à intensité constante et, par suite, à potentiel variable, contrairement au système employé pour la distribution de la lumière ou de l'énergie dans les villes ou dans les usines.

Les résultats obtenus ayant été satisfaisants, le système a reçu divers perfectionnements et de nouvelles applications ont été réalisées tant en Suisse que dans d'autres pays.

C'est ce système qui a été adopté par la Compagnie parisienne de l'air comprimé lorsqu'elle eut repris les installations faites à Paris par la Société Popp. On atteint sur le réseau parisien une intensité de 250 ampères avec la tension maximum de 3 600 volts.

Nous citerons ensuite le transport exécuté pour la Chaux-de-Fonds qui comprend un circuit de 52 *km* avec une intensité constante de 150 ampères et une tension de 14 000 volts à pleine charge.

Le courant continu est utilisable directement pour les moteurs d'une certaine puissance. Mais, quand il s'agit de le faire servir à l'alimentation de lampes et de moteurs de faible puissance, il faut le transformer en un courant secondaire à potentiel constant.

On emploie, à cet effet, des transformateurs rotatifs qui consistent :

Soit en une dynamo dont l'armature est pourvue de deux enroulements;

Soit en un ensemble dynamo et moteur.

Le moteur à intensité constante actionne la dynamo qui donne un courant de potentiel constant.

Le premier genre de transformateur rotatif donne un courant secondaire dont on règle la tension à la main ou automatiquement; il permet d'atteindre un rendement de 88 0/0.

Le deuxième genre de transformateur rotatif n'atteint qu'un rendement de 85 0/0; mais il est cependant préféré au premier parce qu'il permet une séparation complète des courants primaire et secondaire et que sa régularité de marche assurée par un régulateur de vitesse et l'emploi de volants convenables, reste indépendante des oscillations possibles de l'intensité primaire.

Transport de force par courant alternatif.

Le courant alternatif peut être monophasé ou polyphasé.

Dans le premier cas, le courant produit à l'usine génératrice par des alternateurs à une haute tension avec une fréquence de cinquante périodes par seconde, généralement, est transmis par une ligne à deux conducteurs. A l'endroit où il doit être utilisé, sa tension est abaissée à 120 ou 240 volts par des transformateurs inertes et, par conséquent, d'un entretien peu coûteux.

Le courant alternatif monophasé à basse tension peut, au sortir des transformateurs, être lancé dans un réseau de distribution alimentant des appareils d'éclairage et des électromoteurs asynchrones démarrant à vide et sous charge.

Ce système a le mérite de la simplicité et est très économique. Mais il présente cependant certains inconvénients : si le courant alternatif monophasé convient bien à une distribution pour l'éclairage, et si, d'autre part, on est parvenu à construire des électromoteurs démarrant aussi bien à vide qu'en charge, le fonctionnement de ces moteurs apporterait des troubles dans le service de l'éclairage si on les montait directement sur le réseau des lampes.

On possède deux moyens de résoudre la difficulté :

1° Établir deux canalisations séparées l'une pour la lumière, l'autre pour la force motrice, pour rendre indépendants ces deux services.

Dans ces conditions, les électromoteurs alternatifs monophasés asynchrones peuvent être utilisés surtout pour les petites puissances;

2° Employer un réseau de distribution servant à la fois à la lumière et à la force motrice, mais en prenant des électromoteurs à courants polyphasés, qui sont exempts des inconvénients inhérents aux électromoteurs alternatifs monophasés; ce qui implique la transformation sur place du courant monophasé en courant polyphasé.

Plusieurs moyens ont été imaginés dans ce but par MM. Hutin et Leblanc, Ferraris et Arno, Hess, Bradley et Huting, Korda et enfin par M. Langdon-Davis.

La première solution paraît jusqu'ici être la plus pratique et nous donnerons un exemple de son application dans le transport et la distribution d'énergie électrique des chutes de la Goule, à Saint-Imier.

Les **courants alternatifs polyphasés** qui présentent les mêmes avantages que les courants monophasés sans avoir leurs inconvénients, au point de vue de la distribution de l'énergie pour force motrice, fournissent une solution très satisfaisante du problème qui nous occupe, et des applications importantes ont été réalisées dans ces dernières années en Allemagne et en Suisse.

Le principe consiste à produire à l'usine génératrice un courant

à haute tension qui peut être directement envoyé par la ligne de transport jusqu'aux lieux d'utilisation où il est reçu dans des transformateurs inertes qui abaissent sa tension. Le réseau de distribution est relié aux circuits secondaires de ces transformateurs.

Lorsque la distance de l'usine génératrice aux stations de distribution nécessite l'emploi de très hautes tensions pour que le transport puisse s'effectuer dans des conditions d'économie suffisantes (par exemple, quand on est conduit à adopter pour la ligne de transport une tension dépassant 4.000 volts) on est conduit à opérer une double transformation.

On produit le courant à basse tension à l'usine génératrice, on l'y transforme dans l'usine même en un courant de haute tension et c'est ce courant qui arrive dans les stations transformatrices, têtes de ligne des réseaux de distribution.

Ces réseaux peuvent servir sans inconvénient à alimenter à la fois des appareils d'éclairage et des électromoteurs à la condition que la fréquence soit d'environ 50 par seconde.

On sait que les courants polyphasés se divisent en deux classes principales : les courants biphasés et les courants triphasés qui présentent les uns et les autres certains avantages qui en déterminent le choix suivant les circonstances.

Ainsi dans le cas du biphasé, les circuits sont plus simples, les raccordements aux lampes plus faciles, et une variation de charge sur l'une des phases influe moins sur les lampes des groupes voisins que lorsqu'on se sert du courant triphasé.

Mais, par contre, ce dernier a l'énorme avantage de permettre une réduction de cuivre de 25 0/0 pour la même tension limite entre les conducteurs par rapport aux systèmes monophasés et biphasés, ainsi que l'a établi M. Georges dans une communication faite, en 1895, à la Société électrotechnique de Berlin (1).

Le système à courants triphasés est donc plus avantageux quand il s'agit de transports d'énergie à grande distance et c'est cette considération capitale de la réduction de cuivre dans la canalisation qui a amené de grandes Compagnies de construction, telles que l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, Siemens et Halske et Oerlikon à préconiser les courants triphasés.

Les courants alternatifs, mono ou polyphasés ont, malgré leurs avantages, un inconvénient grave, c'est d'être inutilisables par

(1) Voir *l'Éclairage électrique*, nos des 9 et 16 mars 1895, paragraphe II, pages 462 et 512.

certaines industries chimiques et de ne pouvoir servir à la charge des accumulateurs.

Dès lors, se pose le problème de la transformation du courant alternatif en courant continu et *vice versa*.

Ce problème a reçu deux solutions qui sont maintenant applicables :

La première est due à MM. Hutin et Leblanc;

La deuxième à M. Alioth de Bâle, dont le procédé, en apparence plus simple que celui de MM. Hutin et Leblanc, mais qui donne peut-être un moins bon rendement, consiste dans l'emploi d'une commutatrice.

La commutatrice Alioth est un transformateur rotatif à un seul induit, c'est-à-dire une dynamo à courant continu possédant d'un côté un collecteur habituel, et de l'autre des bagues reliées en certains points de l'induit et permettant de recueillir des courants alternatifs mono ou polyphasés.

On voit par cet exposé succinct de l'état de la question du transport électrique de l'énergie et de son utilisation à l'éclairage et aux électromoteurs que l'industrie possède actuellement des moyens variés de résoudre un problème de la plus haute importance et que chacune de ces solutions doit être adoptée de préférence aux autres suivant les conditions dans lesquelles on se trouve placé.

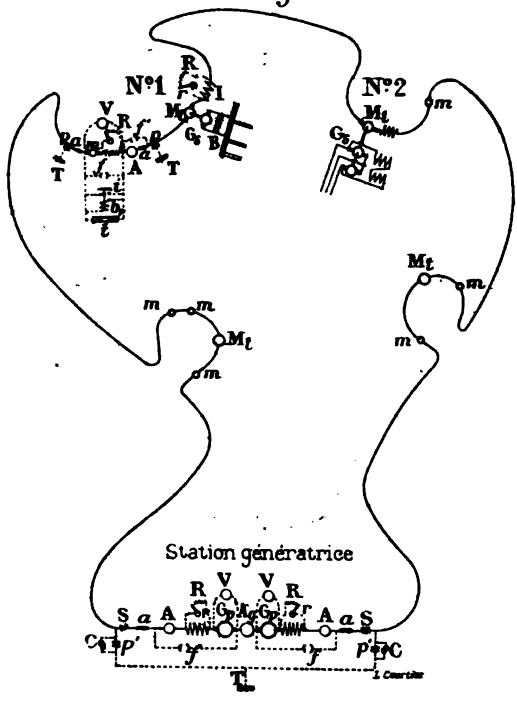
Nous allons maintenant examiner avec plus de détail l'organisation et le fonctionnement des deux systèmes les plus employés : le système par courant continu à haute tension et le système par courants alternatifs polyphasés.

Transport par courant continu à intensité constante (Système Thury).

D'une façon générale, on actionne à la station génératrice des dynamos qui, pouvant être couplées en série, donnent un courant d'intensité constante, mais de tension variable qui circule dans un conducteur alimentant successivement des électromoteurs tels que ; *m*, *m*, et des moteurs transformateurs M, M, têtes de lignes de réseaux de distribution secondaire, pour revenir à son point de départ, soit parallèlement à lui-même, soit en suivant un parcours différent.

Le schéma *(fig. 1)* permet de se rendre compte de tous les éléments d'une installation de ce genre dans laquelle les dispositions doivent être prises pour qu'aucune rupture du circuit ne puisse se produire.

Fig. 1.



STATION GÉNÉRATRICE. — Le dessin représente, à la station génératrice, deux dynamos série G*p* pouvant s'accoupler naturellement en série pour fournir le courant de haute tension.

Ces génératrices primaires peuvent être actionnées par des moteurs à vitesse constante ou par des moteurs à vitesse variable.

Dans le premier cas les dynamos sont à excitation séparée et réglée automatiquement.

Dans le deuxième cas, les dynamos sont à autoexcitation en série, et ce sont les moteurs qui les actionnent que l'on règle automatiquement ou à la main. Dans ce deuxième cas, il serait plus logique d'employer l'excitation en dérivation, mais, en pratique, en adopte l'excitation en série qui assure l'invariabilité du calage des balais et le bon fonctionnement du collecteur.

L'ampèremètre A*g* donne l'intensité du courant envoyé sur la ligne.

Chaque dynamo génératrice G*p* est pourvue :

D'un ampèremètre A ;

D'un voltmètre V utilisé seulement pour le contrôle de la puissance fournie par la dynamo et pour sa mise en marche ;

D'un rhéostat de réglage R ;

D'un régulateur automatique *r* (cas de l'emploi d'un moteur à vitesse variable);

D'une fiche de court-circuit *f* permettant de mettre la dynamo hors circuit sans couper le circuit général.

En outre, sur l'arbre de la dynamo est monté un mécanisme actionnant un interrupteur automatique de court-circuit au cas où le sens de rotation viendrait à changer, accident qui peut se produire, si, pour une raison quelconque, le couple moteur de vient plus faible que le couple résistant (fermeture de l'eau ou de la vapeur, rupture de l'accouplement).

Il convient en effet d'empêcher que, par suite de ce changement de sens de la rotation, une génératrice en fonction, parcourue par le courant total des autres machines en service, ne puisse s'emballer (cet interrupteur automatique n'a pas été représenté sur le schéma).

Chaque génératrice est reliée à la ligne par un fusible *a*.

Les appareils de protection contre les décharges d'électricité atmosphérique consistent en des paratonnerres à peignes *pp'* montés sur une dérivation en relation avec la terre T.

Entre ces paratonnerres et la ligne, sont intercalées des bobines de self-induction SS, et, en dérivation, entre chaque pôle de ces paratonnerres, est placé un condensateur C pour éviter le fonctionnement trop fréquent de ceux-ci.

Ces condensateurs accumulent, en effet, momentanément les charges modérées ; et la décharge se fait alors par la ligne et ses isolateurs.

Enfin, il faut éviter que, en cas de violente décharge atmosphérique, la mise en court-circuit de la station génératrice ne soit faite par les peignes des paratonnerres et le sol. A cet effet, les peignes sont montés sur une longue bascule d'aluminium qui les écarte vivement de plus de 0,80 *m* en cas de fermeture du courant continu. Cette double coupure horizontale suffit pour rompre le court-circuit qui s'est produit, et les peignes reprennent automatiquement leur première position après la rupture. Ces peignes sont en charbon dur, afin d'éviter leur fusion et de permettre un remplacement facile.

Moteurs. — Nous avons ensuite détaillé les accessoires d'installation d'un moteur *m* dont l'armature ou induit est traversé par le courant total ; l'inducteur en série est shunté plus ou moins par une résistance variable ne laissant passer que le courant d'excitation nécessaire pour la production du champ correspondant à la puissance de ce moteur.

Les appareils nécessaires sont :

Un rhéostat de réglage R avec régulateur automatique *r*,

Un voltmètre V ;

Un ampèremètre A ;

Une fiche de court-circuit *f* pour ouvrir le circuit du moteur sans possibilité d'interruption de courant sur la ligne ;

Une fiche de court-circuit f^1 pouvant shunter les appareils de tableau ;

Un by-pass *bp* ou limiteur de tension entre les bornes, qui agit par son interrupteur *i* pour mettre en court-circuit le moteur en cas d'excès de tension provenant d'une vitesse trop grande ou d'une rupture de circuit ;

Enfin, des parafoudres à peignes *p* avec distance assez forte entre les pôles, en rapport avec le voltage total.

Ces parafoudres ne fonctionnent qu'en cas de forte décharge contre le sol. Les décharges plus faibles ont pour effet de faire fonctionner les by-pass limiteurs de tension, et peuvent ainsi provoquer l'arrêt d'un ou de plusieurs moteurs jusqu'au moment où l'on enclenche de nouveau le by-bass. On évite cet inconvénient en plaçant une forte résistance ohmique sans impédance en dérivation sur le by-pass. Elle est composée d'un tube en verre rectiligne *t* rempli d'eau plus ou moins conductrice.

Cette résistance laisse passer les décharges atmosphériques sans absorber, en temps ordinaire, une énergie appréciable.

Il faut empêcher les moteurs de pouvoir s'emballer. A cet effet un interrupteur à déclenchement est placé sur l'un des paliers et relié aux bornes du moteur.

Un petit levier retenu par un ressort, fixé à l'extrémité de l'arbre, s'écarte du centre de rotation aussitôt que la vitesse dépasse la normale d'une quantité déterminée. En s'écartant, le levier heurte l'interrupteur et le fait jouer, le moteur mis en court-circuit s'arrête.

Moteurs transformateurs. — Si le moteur M*t* doit servir à alimenter une distribution d'éclairage ou d'éclairage et de force dans une usine ou dans une agglomération quelconque, il faut l'accoupler à une génératrice à basse tension.

Cette génératrice peut être constituée par un deuxième enroulement de l'induit du moteur M*t* (Solution n° 1); mais, comme dans ce cas le réglage par le rhéostat R d'excitation de l'inducteur

commun I est difficile, on place en dérivation, en tête du réseau, une batterie d'accumulateurs régulatrice B. Quant au réseau lui-même, il est, dans l'exemple n° 1, à deux fils.

La génératrice peut être complètement distincte du moteur M*l* qui la conduit (solution n° 2). Le schéma représente deux génératrices en série alimentant un réseau à trois fils.

MISE EN MARCHE ET ARRÊT DES GÉNÉRATRICES ET DES RÉCEPTRICES. — La mise en marche et l'arrêt d'une génératrice, à la station centrale ou d'un moteur quelconque sur le réseau de haute tension se font sans aucune difficulté.

En effet, toute génératrice arrêtée est toujours en court-circuit. Quand on veut l'introduire dans le circuit, on commence par la mettre en marche à petite vitesse au moyen de son moteur. Elle s'amorce à une vitesse qui ne dépasse pas 4 0/0 de la vitesse normale (10 tours pour une génératrice marchant normalement à 275 tours).

Aussitôt que l'ampèremètre accuse le courant normal, on intercale la dynamo en ouvrant l'interrupteur. La vitesse de la dynamo peut alors être augmentée suivant la puissance dont on désire la charger.

Quand on veut arrêter une génératrice, on ferme la vanne ou le distributeur du moteur. Aussitôt l'arrêt produit, on met la génératrice en court-circuit avec son interrupteur.

Pour un électromoteur quelconque, *m* ou M*l*, la mise en marche s'effectue en ouvrant l'interrupteur (ce moteur étant toujours en court-circuit pendant son arrêt). Le courant traverse le moteur dont la force contre-électromotrice s'élève peu à peu proportionnellement à l'accélération. Un volant empêche le démarrage trop brusque et facilite l'action du régulateur de vitesse.

Pour la mise à l'arrêt d'un moteur:

S'il s'agit d'un moteur de faible puissance, il suffit de le mettre en court-circuit à l'aide de son interrupteur.

S'il s'agit d'un moteur puissant, on pourrait opérer comme nous venons de l'expliquer, mais en pratique, on se sert d'un taquet d'arrêt qui oblige le régulateur de vitesse à shunter graduellement le champ jusqu'à zéro. La force contre-électromotrice du moteur s'abaisse ainsi peu à peu, et, lorsque le voltmètre accuse un abaissement suffisant, on met le moteur en court-circuit par son interrupteur.

Ce mode de procéder permet d'éviter tout à-coup sur la ligne.

On voit que les manœuvres de mise en marche et d'arrêt sont extrêmement simples, tant à la station génératrice qu'aux stations réceptrices.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE CE MODE DE TRANSPORT. — Nous résumerons comme suit les principaux avantages et les inconvénients du transport de l'énergie par courant continu.

L'intensité étant constante dans toutes les parties du circuit, le fonctionnement des appareils récepteurs est indépendant de leur distance à l'usine génératrice.

La ligne absorbe un travail constant et un nombre de volts constant. Une perte en ligne quelconque n'influence pas le fonctionnement du système. Cette ligne est formée d'un seul fil, dans le cas d'un transport desservant des localités distribuées sur une boucle (comme le représente le schéma), ou de deux fils si le transport dessert des localités réparties dans une même direction.

Dans le premier cas, les pôles sont forcément écartés; dans le deuxième cas, on peut les poser à une distance suffisante l'un de l'autre afin d'éviter tout accident. En effet, le danger existe si une personne établit accidentellement par son corps une communication entre les deux pôles. Mais si l'isolement de l'un des fils est bon, on peut impunément toucher l'autre pôle, tout en étant en communication avec le sol.

Un court-circuit peut se produire sur une ligne (par exemple, entre le point *a* et le point *b* du schéma général) sans autre inconvénient que d'arrêter les moteurs *m* et *Mt*, desservis par la partie de ligne mise en court-circuit.

On peut utiliser à la station génératrice des unités de tension modérée, ne présentant par suite aucun danger pour le personnel chargé de leur surveillance.

Quant aux moteurs, ils absorbent, pour leur démarrage, et pendant ce démarrage, une quantité d'énergie proportionnelle au travail à fournir. Quand on les met en court-circuit, ils n'absorbent que le travail résultant de leur résistance intérieure. Comme l'intensité reste constante, ils ne peuvent être brûlés. Si, le couple résistant dépasse le maximum établi, le moteur ralentit jusqu'au moment où le couple résistant devient égal au couple moteur disponible.

Le travail des génératrices est donc toujours en rapport direct avec la puissance rendue par les moteurs et il en résulte que le

rendement moyen journalier est toujours très bon. Enfin les moteurs peuvent marcher à vitesse extrêmement variable tout en conservant un bon rendement.

Transport par courants alternatifs.

Nous avons vu que le système de transport d'énergie par courants alternatifs polyphasés consistait soit à produire, à l'usine génératrice, des courants qui étaient directement transmis par la ligne aux stations transformatrices installées aux lieux d'utilisation, lorsque la distance du transport permettait de ne pas dépasser une tension de 4000 volts, soit, dans le cas contraire, à produire à l'usine génératrice des courants de faible tension, à les transformer une première fois, à l'usine même, en courants de haute tension pour abaisser ensuite cette tension par une nouvelle transformation aux lieux d'utilisation.

Nous trouvons donc, dans un pareil système, trois sortes d'appareils; les *alternateurs-générateurs* du courant, les *transformateurs* et les *électro-moteurs récepteurs*, sur lesquels nous donnerons quelques détails.

Alternateurs. — Les anciens alternateurs étaient à induit mobile et inducteur fixe ; on les a avantageusement remplacés, pour le cas des grandes puissances, par des machines à induit fixe et à inducteur mobile, ou par des machines à induit et à inducteur fixes et fer tournant.

Dans le *type à induit fixe et inducteur mobile* l'induit formant une couronne extérieure est un noyau laminé portant un bobinage en tambour posé sur ce noyau. Quant à l'inducteur, excité par un courant à basse tension, il est formé de bobines multiples.

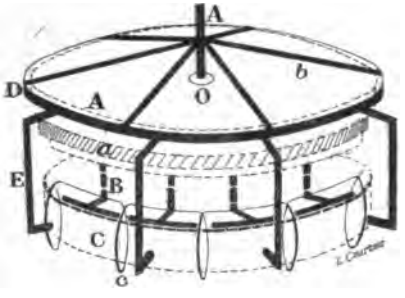
La mise en court-circuit accidentelle de l'une de ces bobines ne peut arrêter la marche de l'appareil; cette bobine est facile à remplacer; enfin, il ne se produit pas, comme dans les alternateurs à bobine unique, une chute de tension exagérée entre la marche à vide et la marche à pleine charge.

Cette chute de tension, qui atteignait parfois 30 0/0, rendait impossible le réglage des lampes sur des circuits comprenant des moteurs à démarrages fréquents.

Dans le *type à induit et inducteur fixes et fer tournant*, on supprime tout contact mobile, ce qui assure une solidité plus grande pour ces machines. Il existe actuellement trois types

d'alternateurs à induit et inducteur fixes et fer tournant, qui ne diffèrent que par des dispositions de construction.

Fig. 2.

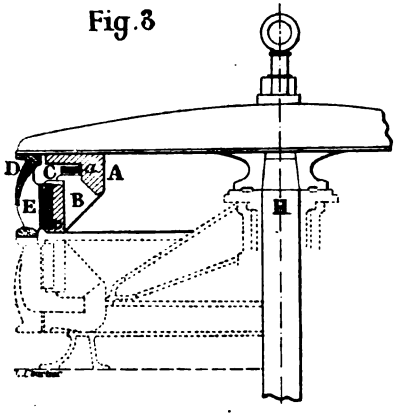


Nous avons représenté schématiquement l'un d'eux (celui qui est construit par l'industrie électrique de Genève) afin d'en faire saisir le principe *(fig. 2)*.

La partie fixe (inducteur et induit) se compose d'un grand plateau circulaire en acier A, portant à sa partie inférieure une sorte de gorge pour recevoir l'enroulement inducteur unique *a* et des épanouissements polaires B qui sont enveloppés d'une couronne lamellée C.

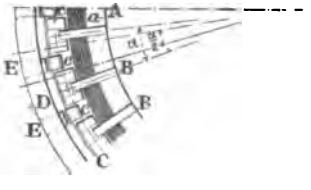
Sur cette couronne cylindrique lamellée sont enroulées les bobines induites, *c*, *c*, *c*.....

Fig. 3



La partie mobile consiste en une cloche recouvrant toute la partie fixe (et que nous avons représentée simplement par un cercle D, armé de projections polaires E, afin de rendre le schéma plus compréhensible). Cette cloche est solidarisée par des bras *b* avec l'arbre vertical T de la turbine et tourne avec lui.

Fig. 4



Les figures 3 et 4 donnent la disposition réelle des parties fixe et mobile qui sont désignées par les mêmes lettres que sur le schéma.

On voit que la partie fixe représente un électro-aimant ayant l'enroulement inducteur *a* au centre et l'enroulement induit *c* au bout de l'une des branches de l'électro.

La partie mobile représente l'armature de cet électro, et les projections polaires E passant successivement devant les bobines induites y font varier le flux périodiquement suivant une loi sinusoïdale et y produisent le courant alternatif.

Nous avons déjà eu l'occasion de dire que la fréquence de 50 périodes par secondes est celle qui est généralement adoptée comme convenant le mieux à une application mixte d'éclairage et de force.

Nous avons fait remarquer plus haut que les types actuels d'alternateurs-générateurs présentaient sur les anciens modèles l'avantage de maintenir suffisamment par eux-mêmes la différence de potentiel à leurs bornes, c'est-à-dire d'empêcher qu'il n'y ait une chute de tension trop grande (à excitation constante) entre la marche à vide et la marche à pleine charge.

C'est un progrès sur lequel il convient d'insister, attendu que les moteurs polyphasés, lors des démarrages brusques, absorbent un courant considérable et produisent un décalage important, entraînant une baisse subite dans les lampes.

C'était là un des principaux inconvénients que l'on rencontrait au début de l'application des courants polyphasés lorsqu'on faisait des installations mixtes (moteurs et lampes),

La pratique a indiqué que l'on ne peut tolérer une chute de tension supérieure à 15 0/0 de la tension totale sur les circuits des moteurs et à 5 0/0 de cette tension totale sur les circuits des lampes.

Transformateurs. — Les transformateurs pour courants polyphasés peuvent être simples ou conjugués.

On peut employer trois transformateurs simples distincts, ou combiner trois noyaux munis de culasses communes et portant chacune des enroulements primaire et secondaire correspondant à l'une des phases.

C'est ce deuxième type de transformateurs qui est le plus économique et par suite le plus répandu.

La chute de tension secondaire (due aux déperditions de flux) peut être réduite à 2 0/0 pour les circuits de lampes et à 6 0/0 pour les circuits de moteurs, de la marche à vide à la marche à pleine charge.

Quand on a de gros moteurs, il est bon de prévoir des transformateurs d'une puissance nominale de 50 0/0 supérieure à la

puissance en watts réels des moteurs correspondants et de dériver plusieurs moteurs sur un même transformateur.

Électromoteurs. — Les électromoteurs polyphasés présentent deux qualités caractéristiques : une grande simplicité, une grande facilité à être reliés par les transformateurs aux canalisations à haute tension.

On adopte généralement les tensions suivantes selon la puissance des moteurs :

Tensions.	Puissance des électromoteurs.
100 à 500 volts	1/10 à 10 *ch.*
500 à 2 000 —	10 à 30 —
3 000 —	50 —
5 000 —	75 —

Aujourd'hui les moteurs asynchrones ont un rendement équivalent à celui des moteurs synchrones; ils démarrent facilement et peuvent vaincre des surcharges momentanées; pour ces diverses raisons on les préfère aux moteurs synchrones qui étaient considérés autrefois comme seuls convenables dans le cas des grandes puissances.

Il existe différents types de moteurs polyphasés, mais ils présentent fort peu de différences; tout le monde est en effet d'accord sur les principes qui doivent être suivis pour leur construction.

Ces principes peuvent se résumer ainsi ;

Noyaux dentés ou perforés pour donner passage aux circuits inducteurs et aux circuits induits :

Carcasses laminées pour éviter les courants de Foucault.

Bobinage en tambour pour les induits;

Induits en cage d'écureuil pour les petits moteurs;

Les électromoteurs doivent, pour être facilement utilisés par l'industrie, posséder deux qualités :

Démarrer facilement;

Varier de vitesse.

En ce qui concerne le démarrage, il faut faire une distinction suivant que ces moteurs sont alimentés par une distribution qui leur est spéciale, ou suivant qu'ils sont montés sur un réseau desservant à la fois des moteurs et des lampes.

Dans le premier cas, on peut admettre des démarrages brusques en charge pour des moteurs à circuit fermé d'une puissance ne

dépassant pas 10 *ch*, à condition toutefois que ces moteurs puissent supporter des variations momentanées de vitesse, et que les génératrices soient assez puissantes relativement aux moteurs.

Dans le deuxième cas, il est essentiel d'éviter des démarrages brusques, et on est conduit alors à intercaler, dans le circuit de l'induit des moteurs, des résistances que l'on élimine graduellement.

On peut alors avoir recours à plusieurs procédés.

Pour les grands moteurs, on démarre à vide en se servant d'une poulie folle ou d'un embrayage. Il est bon de munir les appareils de démarrage d'une commande par vis sans fin qui oblige les ouvriers à les déplacer lentement.

On peut aussi munir l'induit de deux circuits pour chacune des phases, mettre ces circuits en opposition au démarrage, puis en parallèle dès que la vitesse de régime est atteinte.

Dans tous les cas, il est bon de ménager une certaine élasticité dans les appareils de transmission, et on atteint ce but en se servant d'une courroie qui permet un glissement initial, ou à son défaut, en intercalant dans l'accouplement un ressort qui se tend pendant une partie de la première révolution du moteur.

En ce qui concerne maintenant le réglage de la vitesse, on peut obtenir des variations de celle-ci dans le rapport de 1 à 2 et à 3 en modifiant le couplage des pôles inducteurs. Mais ces variations ne sont pas graduelles. Si cette graduation est indispensable, on doit introduire dans l'induit des résistances qui causent malheureusement une dépense d'énergie notable. Pour éviter cette dépense, on préfère employer des moyens mécaniques, tels que poulies coniques, embrayages à disques normaux, etc.

L'une des qualités des électromoteurs polyphasés qui les rend préférables, dans certaines applications, aux électromoteurs à courant continu, c'est la constance de la vitesse.

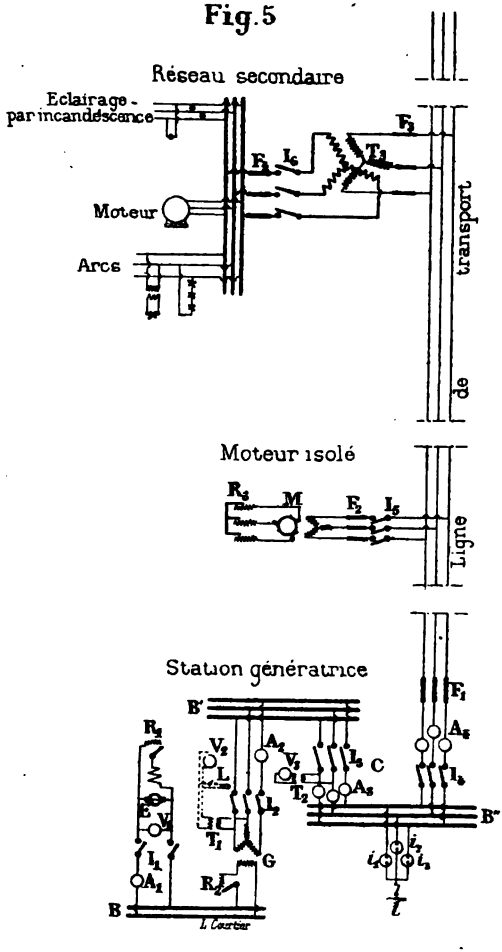
Dans l'électromoteur à courants polyphasés, la vitesse est liée, en effet, à la fréquence des génératrices, alors que dans un électromoteur à courant continu, les résistances se modifient par suite de l'échauffement des circuits, ce qui rend nécessaire de procéder à des réglages.

Enfin, en ce qui concerne le prix et le rendement, l'électromoteur à courants polyphasés peut lutter avec l'électromoteur à courants continus. Et quand les brevets seront tombés et que la fabrication se sera développée, les petits électromoteurs polyphasés à cage d'écureuil pourront même être livrés à des prix inférieurs à ceux à courant continu.

Organisation d'un transport d'énergie par courants polyphasés.

Ceci posé, nous avons représenté sur le schéma *(fig. 5)* tous les organes nécessaires à un transport de force par courants triphasés, et, afin de rendre la figure plus claire, nous n'y avons fait figurer qu'un élément de chacune des parties qui composent l'installation.

Fig. 5



Station génératrice. — A la station génératrice, nous voyons :

Un alternateur triphasé G;

Son excitatrice E, reliée à l'alternateur par les barres d'excitation B;

Les barres de couplage B';

Le collecteur général C reliant les barres de couplage B' aux barres de prise de courant B'';

Le départ de la ligne de transport qui est branchée sur les barres de prises de courant B''.

Chaque alternateur-générateur tel que G comporte dans son circuit d'excitation un rhéostat R_2, et dans son circuit induit un interrupteur tripolaire I_2, un ampèremètre A_2 et un transformateur T_1 branché sur l'un des ponts.

Ce transformateur dessert une lampe L et un voltmètre V_2, servant à mettre la machine en concordance de phase et de voltage avec le réseau lors de son couplage. (En outre, un millivoltmètre

amovible, non figuré sur le schéma, sert à vérifier l'état des circuits inducteurs.)

L'excitatrice, telle que E, est une dynamo à courant continu, excitée en dérivation et comportant : un rhéostat d'excitation R_1, un voltmètre V_1, un interrupteur bipolaire I_1, et un ampèremètre A_1.

Le collecteur général C comporte :

Un interrupteur général I_3;

Trois ampèremètres totalisateurs A_3;

Un transformateur T_2 alimentant un voltmètre V_3;

Enfin, sur chacune des barres de prise de courant B' est branché un indicateur de terre constitué par un voltmètre électrostatique i.

La ligne de transport est à trois conducteurs. Nous trouvons, à partir des barres de prise de courant, un interrupteur triple I_4, puis, sur chacun des conducteurs, un ampèremètre A_4 et un fusible F_1.

Nous avons examiné le cas où, sur la ligne de transport se trouverait branché un moteur de grande puissance; et celui où cette ligne alimenterait une distribution d'énergie à basse tension pour force et lumière.

Moteur isolé. — Le moteur isolé M_1 est desservi par un branchement comportant un interrupteur triple I_5 et trois fusibles F_2.

Le moteur est réglé par des résistances d'induit R_3.

Distribution d'énergie a basse tension. — Le branchement qui relie la distribution à basse tension à la ligne de transport, comporte, en partant de cette ligne, trois conducteurs munis de fusibles F_3 aboutissant au transformateur réducteur de tension T_3, qui alimente le réseau secondaire à trois fils à l'aide d'un collecteur principal comprenant :

Des interrupteurs I_6;

Des fusibles F_4;

Les appareils de contrôle habituellement usités et qui n'ont pas été représentés sur le schéma afin de ne pas le compliquer.

Le réseau secondaire sert, ainsi qu'il a été dit, à alimenter à la fois des électromoteurs et des lampes.

Les électromoteurs (tels que celui figuré au schéma) sont branchés sur les trois ponts du réseau secondaire.

Les lampes à incandescence sont montées en dérivation sur chacun des ponts.

Les lampes à arc sont montées par série entre deux fils (le nombre d'arcs embrochés dépendant de la tension adoptée).

Quant aux arcs isolés, ils sont alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur abaissant la tension à la valeur convenable, soit 45 volts.

Nous avons supposé, dans l'installation de transport que nous venons de décrire, que les courants étaient directement produits à haute tension à la station génératrice. Mais, quand, en raison de la longueur de la ligne de transport, la tension s'élève à plus de 4 000 volts, on est conduit à faire une double transformation, ainsi que nous l'avons d'ailleurs expliqué dans notre exposé général de la question.

Dans ce cas, on emploie à la station génératrice des alternateurs à basse tension, et les lignes, en quittant le tableau, aboutissent à des transformateurs d'où partent les lignes extérieures de transport. Il n'y aurait donc, pour dresser un schéma de ce cas particulier, qu'à figurer après les fusibles F_1 des transformateurs tels que T_3.

Dans le cas des transports par courants alternatifs à haute tension, il faut, pour éviter les dangers de personnes, que les isolations de toutes les machines génératrices et des transformateurs puissent supporter la différence de potentiel existant entre les deux conducteurs du circuit.

Si la tension admise pour le transport est, par exemple, de 8 000 volts, on aura en réalité une tension atteignant 11 300 volts au sommet de l'onde. C'est contre cette dernière tension qu'il faut se prémunir en isolant le personnel de la terre et en évitant le contact simultané de pôles différents. Or, cela est d'autant plus difficile, que ces pôles doivent être rapprochés pour satisfaire aux nécessités du service.

Valeur relative des divers systèmes de transport d'énergie au point de vue des rendements.

Il est intéressant de se rendre compte de la valeur relative des différents systèmes de transport d'énergie dont il vient d'être donné une description succincte, au point de vue des rendements.

Cette comparaison a été faite d'une façon absolument pratique par un jury de spécialistes lorsqu'il s'est agi de faire un choix

parmi les différents projets présentés pour l'utilisation des forces hydrauliques de la Reuse.

L'usine hydraulique pouvant donner une puissance à transmettre de 3 200 *ch* (soit 2 355 kilowatts), devait distribuer cette puissance au Locle situé à 12 *km* et à la Chaux-de-Fonds distante de 17 à 20 *km*, dans une proportion de 26 0/0 pour le Locle, 44 0/0 pour la Chaux-de-Fonds, les 30 0/0 restants disponibles pour le service de la ville de Neuchâtel.

Trois projets furent définitivement retenus, savoir :

1° Un transport par courants alternatifs monophasés de 50 alternances par seconde, et tension de 5 500 volts produite directement avec rendement garanti de 95 0/0 pour les alternateurs à pleine charge. Deux circuits séparés pour chacune des localités à desservir, avec perte maximum de 20 0/0 pour les lignes de transport.

Dans chacune des localités desservies, le courant à haute tension arrivait dans des transformateurs abaissant la tension de 5 000 à 150 volts, et servant de centre à un réseau secondaire à 3 fils.

On employait des moteurs alternatifs asynchrones branchés sur le réseau secondaire pour distribuer la force ou alimentés par un transformateur spécial si leur puissance était supérieure à 10 *ch*; quant à la lumière, elle pouvait être prise directement sur le réseau secondaire ou sur un réseau tertiaire à courant continu, produit par une dynamo actionnée par un moteur alternatif asynchrone à haute tension;

2° Un transport par courants alternatifs triphasés de 50 alternances par seconde et tension de 6 500 volts produite directement, avec rendement garanti de 94 0/0 pour les alternateurs à pleine charge. Deux circuits séparés pour chacune des localités à desservir, avec perte maximum de 8,1 0/0 pour les lignes de transport.

Dans chacune des localités desservies, le courant de haute tension alimentait un moteur-générateur triphasé synchrone, d'un rendement de 93 0/0, commandant directement des génératrices alimentant à la tension de 160 volts le réseau secondaire de distribution à trois conducteurs pour la lumière et pour les moteurs au-dessous de 4 *ch*, les moteurs de plus grande puissance étant alimentés directement par le courant triphasé à haute tension;

3° Un transport par courant continu à intensité constante et tension variable pouvant atteindre en pleine charge 14 400 volts, avec rendement garanti de 92 0/0 pour les dynamos génératrices à pleine charge.

Un seul circuit avec perte maximum de 10 0/0 partant de l'usine génératrice et passant par les deux localités desservies pour revenir ensuite à l'usine.

Dans chacune des localités desservies, un groupe transformateur comprenant un moteur commandant directement une génératrice, les deux ayant un rendement de 92 0/0, constituait la station génératrice d'un réseau de distribution à 3 fils à la tension de deux fois 150 volts, les moteurs de grande puissance pouvant être alimentés directement par le courant à haute tension.

Le tableau suivant résume les conditions du transport, son rendement final et le prix de revient du kilowatt utile, non compris les frais de création de l'usine hydraulique :

	Transport par		
	Courant alternatif monophasé.	Courant alternatif triphasé.	Courant continu à intensité constante.
Puissance hydraulique à transmettre en kilowatts.	2 355	2 355	2 355
Puissance transmise utile en kilowatts.	1 714	1 755	1 567
Rendement final.	0,727	0,745	0,665
Prix de revient du kilowatt utile .	1 147*f*	1 150*f*	1 110*f*

C'est le système de transport par courant continu qui a été recommandé par le jury parce que, à l'époque où le jugement a été rendu (année 1894), tout en étant aussi économique que les systèmes par courants alternatifs, il présentait sur ces derniers, au point de vue technique, des avantages incontestables.

On voit que le rendement final, dans les trois cas, est très satisfaisant et permet des applications absolument pratiques.

Une récente application faite à Paris en vue de transporter de l'usine de Saint-Ouen à la gare de la Chapelle, soit à 6 540 *m* de distance, l'énergie par courants alternatifs pour utiliser ensuite cette énergie sous forme de courant continu, nous prouve que l'on peut faire cette transformation sans pertes exagérées.

Dans cette application, le courant alternatif diphasé est engendré à basse tension (88 volts), transformé en courant de même nature, mais à 6 000 volts pour le transport, retransformé à l'arrivée en un courant de 110 volts, lequel passe dans un redresseur Leblanc qui alimente directement les circuits d'utilisation.

Les rendements étant de 96,7 0/0 pour les alternateurs générateurs, de 96,6 0/0 pour les transformateurs au départ, de 92 0/0 pour la ligne de transport, de 96,6 pour les transformateurs à l'arrivée, et de 95 0/0 pour les redresseurs de courant, on arrive au rendement final de :

$$\frac{96,7}{100} \times \frac{96,6}{100} \times \frac{92}{100} \times \frac{96,6}{100} \times \frac{95}{100} = \frac{78}{100}.$$

Établissement des lignes à haute tension.

En France, on considère comme courants de haute tension ceux qui ont plus de 400 volts en courant continu et plus de 120 volts en courant alternatif.

En Angleterre, et en général à l'étranger, les voltages à partir desquels on prescrit des précautions spéciales sont 300 volts en courant continu et 150 volts en courant alternatif. En Suisse cependant, où les installations électriques sont très nombreuses, le courant de haute tension est celui qui dépasse 750 volts en continu et 500 volts en alternatif.

L'établissement des lignes à haute tension demande des précautions toutes particulières sur lesquelles nous croyons nécessaire d'insister. Disons tout de suite qu'on exagère beaucoup les dangers que présente, pour le public, l'emploi des hautes tensions. En fait, ce danger n'existe qu'au cas très rare où, par suite d'un accident, les fils de ligne se trouvent brisés et traînent à terre, tout en restant reliés à la source génératrice. Or, en pareil cas, il se produit des courts-circuits qui provoquent la fusion des plombs de sûreté, et tout danger se trouve ainsi écarté automatiquement.

Pour les lignes à haut voltage, on peut se servir d'isolateurs à liquides : On interpose une couche de liquide isolant, généralement de l'huile lourde de houille, entre le câble et son support afin d'éviter toute dérivation.

Des expériences faites en 1878 ont montré que l'isolement de la ligne avec des isolateurs Johnson et Philipps se maintient constant (23 000 mégohms environ par kilomètre de ligne), alors que, pour des isolateurs ordinaires, l'isolement varie constamment suivant les variations atmosphériques de 1 mégohm environ (pluie et grêle) à 2 300 environ (temps beau et clair).

Mais les isolateurs à huile exigent un certain entretien, l'huile s'épaissit en absorbant de la poussière, et l'isolement devient de moins en moins bon. C'est en raison même de cet inconvénient dont l'importance est considérable, qu'on préfère généralement aux isolateurs à huile les isolateurs en porcelaine à double cloche.

On évite autant que possible de traverser des lieux habités avec les lignes à haute tension; cependant, lorsque cette obligation s'impose, on fait usage de conducteurs isolés placés à 1 *m* au moins des façades et à 0,50 *m* au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées et, en tous cas, en dehors de la portée des habitants. Si les fils passent au-dessus d'un toit en terrasse, ils doivent être à une hauteur de 2,50 *m* au moins au-dessus du point le plus élevé.

Dans le cas de courants alternatifs à haute tension, il est bon, comme on l'a fait sur les lignes de Tivoli à Rome et de Lauffen à Francfort, de suspendre, au-dessus de la traversée des routes, voies ferrées, etc..., un filet métallique qui, en cas de rupture du conducteur, est destiné à le retenir en dehors de la portée du public,

Il est également nécessaire d'assurer la protection des lignes télégraphiques et téléphoniques, et, à cet effet, on fait usage d'un filet protecteur.

Généralement les isolateurs ou supports des conducteurs à haute tension sont signalés par une couleur rouge, et des inscriptions font connaître au public le danger qu'il y aurait à toucher ces conducteurs.

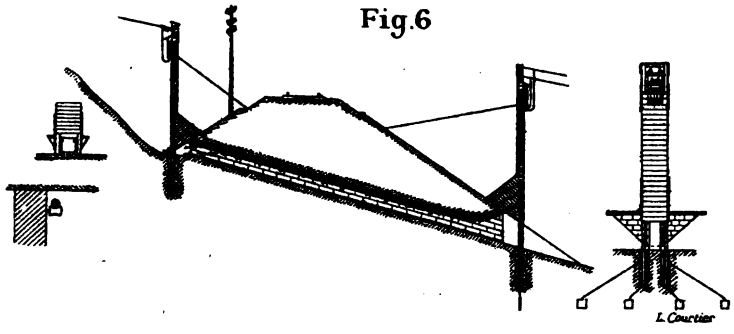
Nous allons donner quelques exemples des dispositions prises en vue d'éviter tout accident.

Installations de la Goule (Suisse).

La moitié des conducteurs de haute tension (5 500 volts) est posée sur poteaux doubles et l'autre moitié sur poteaux simples. Les conducteurs sont maintenus sur les poteaux à l'aide d'isolateurs à cloche en porcelaine et dans certains endroits se trouvent des commutateurs qui sont destinés à mettre hors circuit la partie de la ligne à haute tension qui serait avariée. La traversée des voies ferrées se fait soit par lignes aériennes, soit par lignes souterraines.

La figure 6 représente ce dernier cas. Le câble est placé à la partie supérieure d'un caniveau.

Fig.6



Les appareils de sûreté employés pour protéger les machines et les transformateurs méritent d'être mentionnés. Dans l'usine, chaque fil entrant du dehors traverse un parafoudre double à condensation et un plomb fusible pour haute tension. En outre, chaque conducteur est muni au dehors du bâtiment d'un parafoudre à pointe.

Dans les stations secondaires, le courant à haute tension suit un chemin semblable pour arriver au transformateur, c'est-à-dire: parafoudre à pointe, parafoudre à *condensation*, coupe-circuit (plomb fusible) et interrupteur pour haute tension.

Le réseau secondaire est protégé par des coupe-circuits à la sortie du courant du transformateur et par des parafoudres simples.

Installations d'Olten-Aarburg (Suisse).

Les conducteurs pour la transmission du courant alternatif biphasé à la tension de 5 000 volts sont supportés par des isolateurs en porcelaine à double cloche fixés sur des poteaux de 10 *m* de hauteur,

Installations du transport de force de Zufinkon-Bremgarten a Wohlen et a Zurich.

Les génératrices à courants alternatifs triphasés donnent 5 000 volts.

Les fils sont supportés par des isolateurs à huile fixés à des poteaux en bois de 12 *m* de hauteur munis chacun d'un parafoudre.

La ligne croise près Dietikon le chemin de fer *Nordost-Bahn* sur le bord de la rivière la Limmat.

On a installé en cet endroit une passerelle dont la hauteur au-dessus des rails est de 9,20 *m* avec écartement des piliers de 16,50 *m*.

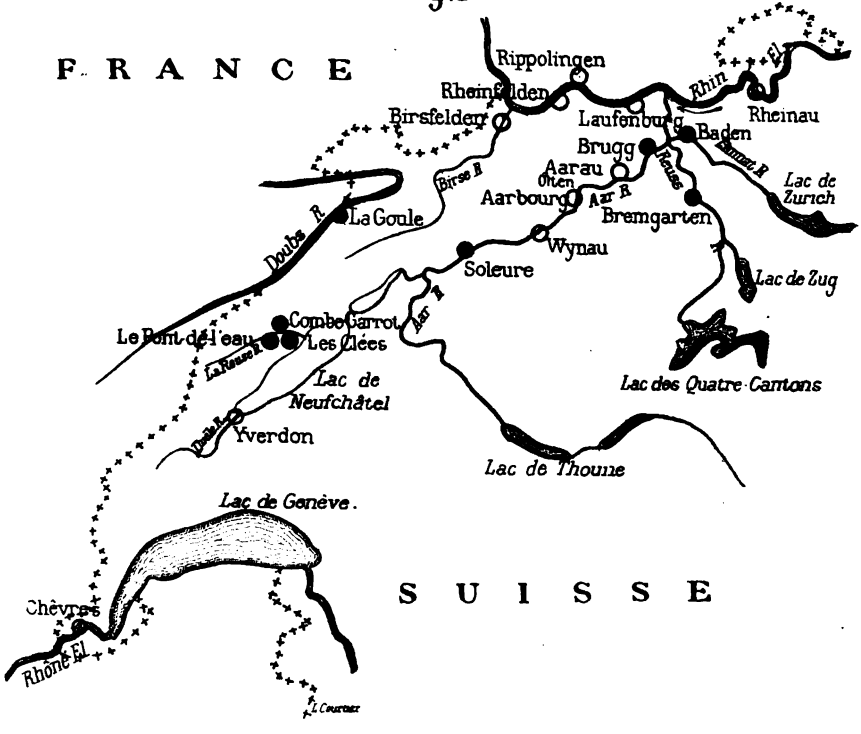
Dans la partie vide de ce pont passent des fils isolés snpportés par des isolateurs analogues à ceux employés pour les fils nus. Un entourage en bois garnit la passerelle,

Au-dessous des fils de la ligne aérienne, au croisement des rues, on a placé, à droite et à gauche de la rue, des poteaux supportant un filet de protection au-dessous des fils.

Développement pris par les transports de force en Suisse et en France.

Du jour où l'on est arrivé à installer avec des rendements industriels suffisants le transport de l'énergie électrique dans un

Fig.7



rayon étendu, on a ouvert un nouveau champ à l'industrie par l'utilisation possible de chutes d'eau jusque-là improductives.

Nous avons déjà dit que la Suisse est particulièrement bien dotée au point de vue des forces hydrauliques. Il résulte en effet d'un document officiel, mis obligeamment à notre disposition par notre collègue M. Mertz, que dans ce pays la force hydraulique brute totale en chevaux de 75 *kgm* par seconde est de 4 456 178 dont 602 538 sont utilisables. C'est donc en Suisse que nous trouvons les premières et les plus importantes applications de transport de l'énergie électrique à grande distance.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur la carte *(fig. 7)* pour constater que toute la région industrielle de ce pays, desservie par le Rhin et ses affluents; la Birse, l'Aar, la Reuss et la Limmat, au nord; le Doubs à l'ouest, puis, plus au sud, la Reuse et la Thièle qui se jettent dans le lac de Neuchâtel, enfin le Rhône qui traverse le lac de Genève, est maintenant dotée de distributions d'énergie électrique.

Laissant de côté toutes les usines locales dont le périmètre de distribution a une étendue limitée, nous avons étudié quelques-unes des installations de transport et de distribution d'énergie à grande distance les plus typiques et les plus récentes.

Si nous considérons d'abord la région comprise entre la frontière de France et les lacs de Neuchâtel et de Bienne *(fig. 8)*, nous trouvons deux grands réseaux de distribution de force et de lumière qui tendent à se souder.

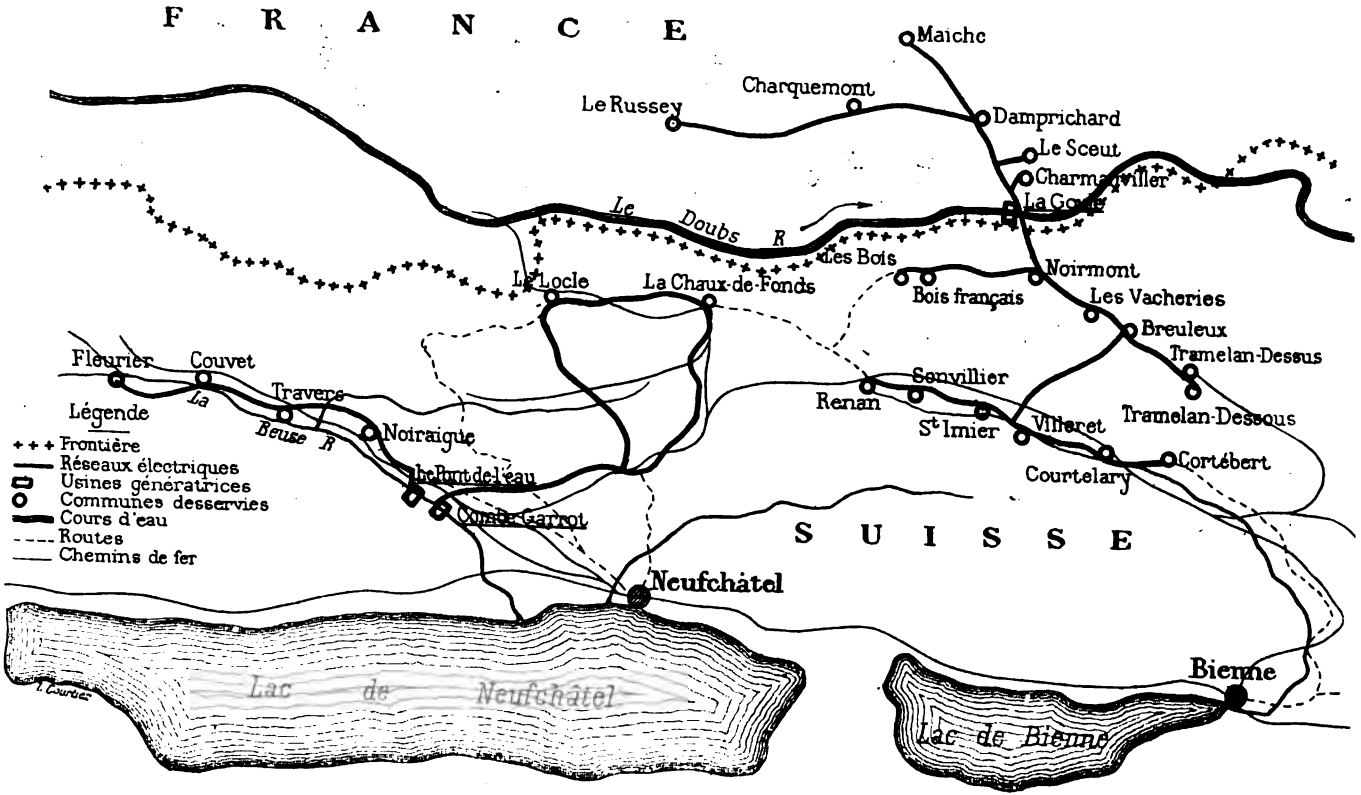
L'un est desservi par les deux usines du Pont de l'Eau et de la Combe-Garrot, placées à peu de distance l'une de l'autre, sur la Reuse, tributaire du lac de Neuchâtel.

L'usine du Pont de l'Eau alimente, par un réseau à courant continu de 35 *km* de longueur, les quatre localités de Noiraigue, Travers, Couvet et Fleurier qui comptent une population d'environ 10 000 âmes et qui comprennent des ateliers de mécanique, des usines à ciment, des scieries et de nombreuses fabriques d'horlogerie.

L'usine de Combe-Garrot dessert également, par un réseau de 40 *km* de longueur à courant continu à haute tension, les villes du Locle et de la Chaux-de-Fonds.

La ville du Locle, qui a une population d'environ 13 000 habitants, était déjà pourvue en 1890 d'une installation électrique de 47 *ch* qui était devenue insuffisante. Les horlogers, les graveurs et les guillocheurs y sont en grand nombre; aussi l'usine hydraulique de Combe-Garrot alimente-t-elle 4 000 lampes et 31 petits

Fig. 8.


F R A N C E
Maiche
Charquemont
Le Russey
Damprichard
Le Sceut
Charmauvillier
La Combe
Le Doubs R
des Bois
Noirmont
Bois français
Les Vacheries
Breuleux
Tramelan-Dessus
Le Locle
La Chaux-de-Fonds
Fleurier
Couvet
Travers
La Reuse R
Noiraigue
Légende
Frontière
Réseaux électriques
Usines génératrices
Communes desservies
Cours d'eau
Routes
Chemins de fer
Renan
Sonvillier
St Imier
Villeret
Tramelan-Dessous
Cortébert
Courtelary
Le Pont de l'eau
Combe Garrot
S U I S S E
Neufchâtel
Lac de Neufchâtel
Bienne
Lac de Bienne

moteurs d'une puissance inférieure à 6 *ch* formant une puissance totale de 56 *ch*.

La ville de la Chaux-de-Fonds est encore plus importante, elle compte actuellement 30 000 habitants et c'est un centre industriel où arrivent les produits du Jura, depuis Cluses et Genève jusqu'à Tramelan et le val de Tavannes. Cette ville utilise, tant en éclairage qu'en puissance mécanique, une énergie électrique de 450 kilowatts.

L'autre réseau est desservi par l'usine de la Goule, sur le Doubs; cette usine, située en Suisse, mais à peu de distance de la frontière française, alimente un groupe de villes et de villages suisses et un groupe de villages français, ainsi que le montre la carte.

Les réseaux d'éclairage et de force atteignaient une longueur de près de 160 *km* au 31 décembre 1896. C'est un exemple bien typique des résultats économiques que l'on peut obtenir par l'utilisation d'une chute d'eau à fort débit. Dans les régions desservies par l'usine de la Goule, c'est l'horlogerie qui constitue la principale industrie.

En remontant vers le Rhin nous trouvons d'autres distributions d'énergie électrique très importantes, telles que celles d'Olten-Aarburg, Wynau, Soleure, Aarau, Brugg, Bremgarten, Baden, Rheinau, Lauffenburg, Rippolingen, Birsfelden et Rheinfelden actuellement en construction.

Il résulte de l'examen des différents tarifs de vente de l'énergie électrique que pour la force motrice on arrive aux prix maximum et minimum suivants pour le cheval-an effectif utilisable pendant douze heures par jour suivant l'importance de la puissance utilisée.

	Prix du cheval-an utilisable pendant 12 h. par jour.	Prix correspondant du cheval-heure effectif.
Pour 1/10 *ch*	500 à 400 *f*	11 à 9,1 centimes.
— 1/2 *ch*.	550 à 300 *f*	12 à 6,8 —
— 1 *ch*.	500 à 220 *f*	11 à 5,2 —
— 2 à 5 *ch*.	450 à 190 *f*	10 à 4,3 —
Au-dessus de 10 *ch* . . .	400 à 160 *f*	9 à 3,6 —

Pour l'éclairage l'hectowatt-heure vendu au compteur oscille entre 0,08 *f* et 0,067 *f*.

Dans la distribution d'énergie électrique d'Olten-Aarburg, à laquelle nous avons consacré une note spéciale, c'est la force

motrice qui domine. La région desservie est très industrielle et on arrive à vendre l'énergie dans des conditions extraordinaires de bon marché; ainsi la lampe-heure de 10 bougies se vend 14 *f* par an, la force motrice, pour des puissances de 1 à 4 *ch*, coûte 210 *f* par cheval et par an.

Pour des petits moteurs ne fonctionnant que le jour, le demi-cheval coûte 75 *f* et le cheval 120 *f*, et pour des moteurs de 2 à 5 *ch*, le prix du cheval-an s'abaisse à 90 *f*.

De cet examen rapide, il résulte que, grâce à l'utilisation des chutes d'eau, on est arrivé à produire, en Suisse, l'énergie et à la distribuer dans des conditions telles de bon marché que les industriels et les artisans n'ont pas hésité à recourir à une force motrice qui, loin de grever leur budget, leur procure, au contraire, des avantages sérieux, en augmentant la production et en abaissant, par suite, le prix de revient.

Voyons maintenant où nous en sommes, en France, pour l'utilisation de nos chutes d'eau.

On commence seulement à installer de grands transports d'énergie. Nous citerons comme exemples la distribution des forces motrices de la Loire qui est en plein fonctionnement et celle des forces motrices du Rhône à Lyon qui va bientôt fonctionner.

A Saint-Étienne et dans les environs, il existe de nombreux fabricants de rubans qui utilisaient des métiers mécaniques ou à bras. D'après des statistiques, il y a dans toute la région, dont la figure 9 donne les principales localités, environ 27 000 métiers.

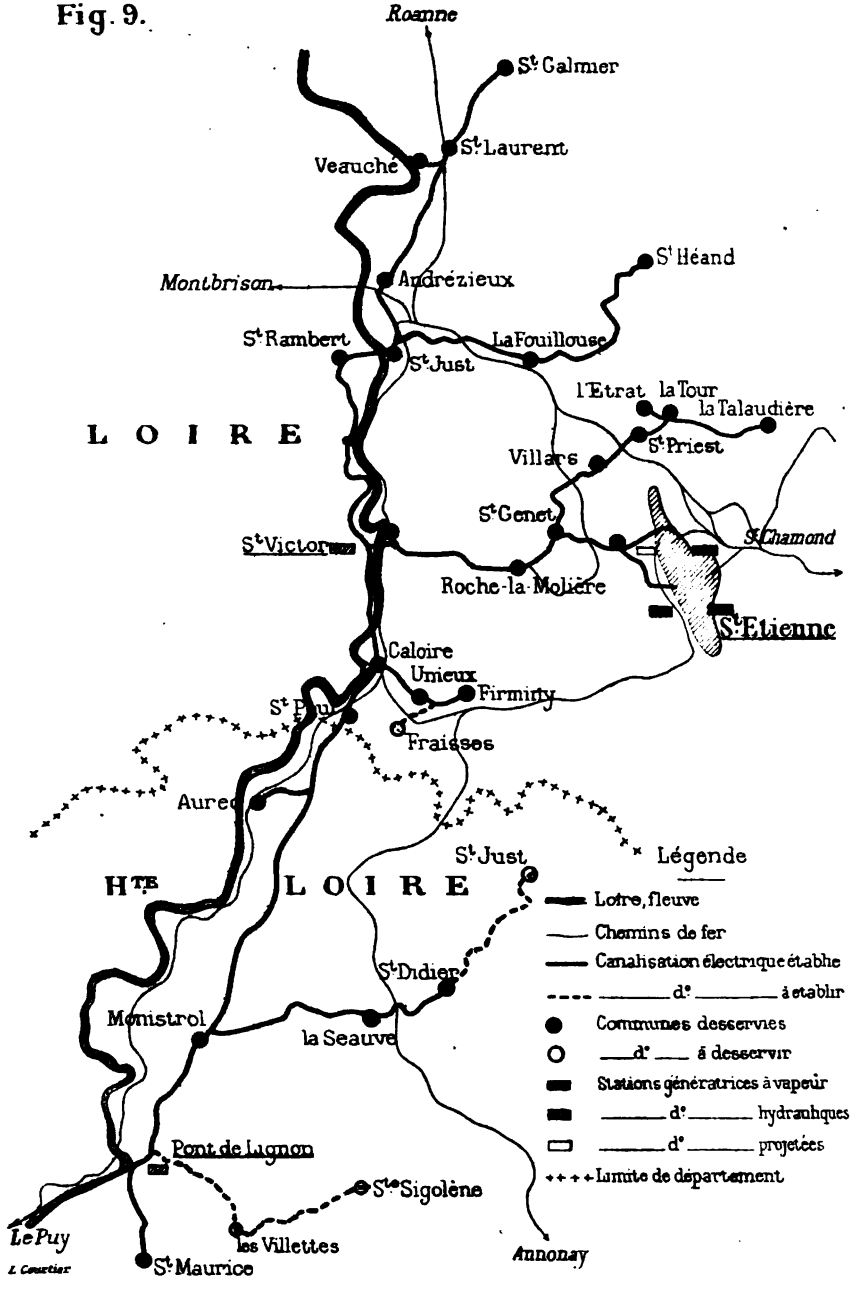
Une Société composée des plus notables industriels de la région de la Loire s'est constituée dans le but de donner aux industries locales de nouveaux éléments de prospérité devenus indispensables par la concurrence étrangère.

Tout en faisant une large part aux industries diverses, telles que la quincaillerie, l'armurerie, etc., cette Société a eu surtout en vue l'industrie rubanière qui est la plus importante de la région.

Le système du courant triphasé employé par la Compagnie de la Loire donne les meilleurs résultats. Les métiers conduits électriquement sont d'un quart plus productifs que ceux actionnés à la main, et la qualité de fabrication est bien supérieure.

Les installations faites dans le domicile même des ouvriers permettent à tous les membres d'une famille de prendre part au travail et la distribution de l'énergie électrique dans des

Fig. 9.


Roanne
St Galmier
St Laurent
Veauche
St Héand
Montbrison
Andrézieux
St Rambert
St Just
La Fouillouse
l'Etrat
la Tour
la Talaudière
St Priest
LOIRE
Villars
St Genest
St Victor
St Chamond
Roche-la-Molière
St Etienne
Caloire
Unieux
Firminy
St Paul
Fraisses
Aurec
St Just
Légende
HTE LOIRE
Loire, fleuve
Chemins de fer
Canalisation électrique établie
d° à établir
Communes desservies
d° à desservir
Stations génératrices à vapeur
d° hydrauliques
d° projetées
Limite de département
St Didier
Monistrol
la Seauve
Pont de Lignon
Ste Sigolène
Le Puy
les Villettes
St Maurice
Annonay

conditions très acceptables comme prix permettra de sauvegarder la santé et la morale des familles tout en plaçant la concurrence étrangère dans une situation inférieure, par suite de l'abaissement du prix de revient et d'une bonne fabrication.

A Lyon, on se propose d'arriver aux mêmes résultats qu'à Saint-Etienne.

Les industries à desservir sont très variées et on peut estimer à 14 000 *ch* la puissance nécessaire pour leur exploitation.

Si on ajoute à cela les tramways pour lesquels la traction électrique remplacerait très avantageusement la traction animale, les petits ateliers, qui ne peuvent songer à installer des moteurs à vapeur ou à gaz à cause de leur prix élevé, on voit qu'une distribution d'énergie électrique à bon marché a des débouchés assurés.

Depuis cinquante ans, 40 à 60 000 métiers ont quitté la ville de Lyon, uniquement par impuissance de pouvoir lutter contre les grands ateliers établis à la campagne et mus par des forces hydrauliques. Une distribution d'énergie électrique sera donc accueillie avec faveur par les artisans qui, n'ayant plus de raison pour aller s'établir ailleurs, verront de nouveau leur industrie prospérer.

Comme à Saint-Étienne, c'est à la puissance hydraulique qu'on a eu recours pour atteindre le bon marché qui doit être la caractéristique de toute installation du genre de celle qui nous occupe.

Les eaux du Rhône sont dérivées à l'amont de Lyon par un large canal (canal du Jonage) qui alimente l'usine hydraulique, elles sont ensuite restituées au fleuve avant la traversée de Lyon.

Il s'agit ici d'une grande entreprise de distribution de force et de lumière puisque l'usine sera à même de produire 20 000 *ch* dans un temps donné, et il est à souhaiter qu'elle réussisse au grand profit de l'industrie, des industriels et des artisans.

La carte *(fig. 10)* donne la position relative de l'usine et des centres industriels, en même temps qu'elle indique le tracé du canal et de la distribution d'énergie électrique.

Nous complétons ces renseignements généraux sur les grandes distributions d'énergie électrique à puissance hydraulique par une note détaillée sur chacune de celles qui nous paraissent les plus typiques, savoir : le Val de Travers, la Chaux-de-Fonds et le Locle, la Goule, Olten-Aarburg, la Loire et le Rhône à Lyon.

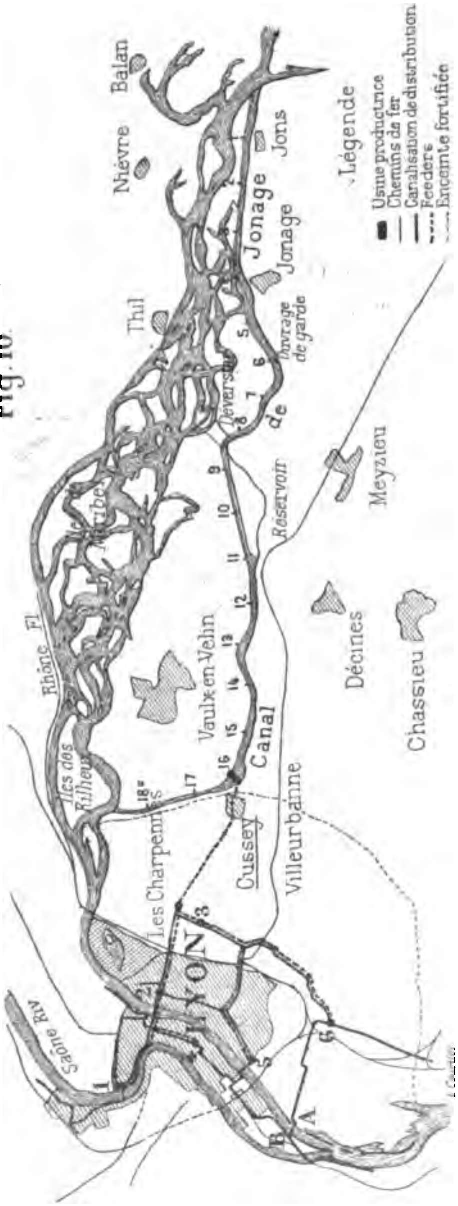

Balan
Nièvre
Thil
Jons
Jonage
Jonage
Ouvrage de garde
Déversoir
Canal de Jonage
Réservoir
Meyzieu
Décines
Chassieu
Vaulx-en-Velin
Rhône Fl.
Les Charpennes
Cussey
Villeurbanne
LYON
Saône Riv.
Légende
Usine productrice
Chemins de fer
Canalisation de distribution
Feeders
Enceinte fortifiée

Fig. 10.

NOTES SUR QUELQUES TRANSPORTS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

EXISTANT EN SUISSE ET EN FRANCE.

Distribution électrique du Val de Travers.

L'usine hydraulique génératrice se trouve au-dessous de Noiraigne, à l'entrée des gorges de la Reuse et porte le nom d'usine du Plan-de-l'eau.

La hauteur de chute est de 29 *m* et le débit minimum de 2 m^3

L'usine comporte trois groupes générateurs, et elle peut en recevoir deux autres dont l'un de réserve.

Les turbines du système Girard à axe horizontal, avec tube d'aspiration de 2 *m* de hauteur, peuvent produire 250 *ch* à la vitesse de 325 tours par minute.

Les génératrices du type Thury à 6 pôles et excitation en série, sont accouplées directement aux turbines par l'intermédiaire de manchons élastiques système Raffard. Leur régime à pleine charge est de 65 ampères sous 2 600 volts, et elles sont essayées à 3 700 volts.

La force motrice disponible en basses eaux ordinaires permettra de mettre en service quatre groupes qui, associés en tension, donneront 65 ampères sous 10 400 volts,

La ligne, double sur toute sa longueur, est formée de 2 fils en cuivre nu de 10,5 *mm* de diamètre. Elle part de l'usine pour aboutir au village de Fleurier qui est le plus éloigné; la longueur du circuit est d'environ 35 *km*.

La ligne, supportée par des isolateurs en porcelaine à double cloche, alimente les communes de Noiraigne, Travers, Couvet et Fleurier.

Dans chacun de ces villages, une boucle en câble isolé de 90,2 mm^2 de section se détache pour alimenter les stations d'éclairage et les moteurs.

Les moteurs les plus importants sont ceux qui actionnent les génératrices secondaires destinées à l'éclairage et qui produisent le courant à 125 volts.

D'autres moteurs sont affectés à des industries diverses telles que : ateliers de mécanique, fabrique de ciment, scieries, etc...

Dans une carrière pour l'extraction de la pierre à ciment, il existe notamment un moteur qui fait monter des wagonnets sur

un plan incliné. Ce moteur se règle à la main au moyen d'un levier qui agit sur l'excitation en série en augmentant ou en diminuant la résistance d'un rhéostat. Le moteur peut tourner dans les deux sens, et à la descente des wagonnets, il agit comme frein en fonctionnant comme génératrice.

Comme en hiver la consommation d'éclairage dépasse la puissance disponible, on est obligé de recourir à des batteries d'accumulateurs qui sont chargées pendant la nuit ou pendant la journée en parallèle avec la distribution de force motrice. Ces batteries sont déchargées en parallèle avec les groupes transformateurs pendant les périodes où la consommation d'énergie dépasse la production.

Les réseaux locaux sont tous aériens à deux ou trois conducteurs suivant leur importance et, outre l'éclairage public et privé, ils alimentent un certain nombre de petits moteurs de faible puissance.

Distribution électrique à la Chaux-de-Fonds et au Locle.

L'usine située à Combe-Garrot sur la Reuse a été construite pour recevoir neuf groupes transformateurs de 400 *ch*; quatre seulement sont actuellement installés.

Les turbines à axe horizontal sont munies d'un dispositif de réglage à servo-moteur et peuvent produire 400 *ch* à la vitesse de 310 tours à la minute.

Le servo-moteur qui commande le distributeur de chaque turbine est actionné par un moteur électrique, de telle sorte que la puissance utilisée corresponde toujours à l'énergie distribuée, et que l'intensité du courant soit ainsi maintenue constante.

Les dynamos génératrices, accouplées directement aux turbines par l'intermédiaire de manchons à bagues de caoutchouc, système Raffard, sont du type Thury à excitation en série. A pleine charge, elles peuvent fournir 1 800 volts avec un courant de 150 ampères.

La puissance disponible en basses eaux ordinaires permettra d'actionner simultanément huit groupes générateurs produisant une tension totale de 14 400 volts.

La ligne, qui a 48 *km* de longueur, est fixée sur les mêmes poteaux jusqu'à 10 *km* de l'usine; à partir de ce point, elle forme une grande boucle qui passe par la Chaux-de-Fonds et par le Locle.

La section du câble est de 150,2 mm^2, et en pleine charge la perte en ligne ne sera que de 675 volts, soit 4,6 0/0.

Les moteurs prévus actuellement soit à la Chaux-de-Fonds, soit au Locle, sont destinés essentiellement à la distribution à basse tension pour l'éclairage.

Tous les moteurs au-dessus de 5 *ch* pourront être alimentés par le courant primaire, et les moteurs de plus faible puissance seront placés sur les réseaux de distribution secondaires à basse tension.

La mise en marche d'un moteur se fait en ouvrant l'interrupteur qui le met en court-circuit. Sous l'influence du régulateur, le moteur atteint graduellement sa vitesse et n'absorbe alors que le voltage nécessaire pour vaincre sa résistance intérieure, ce qui permet d'éviter tout rhéostat de mise en marche.

Pour obtenir l'arrêt, on réduit la charge en diminuant l'excitation au moyen du régulateur manœuvré à la main, puis on met le moteur en court-circuit au moyen d'un interrupteur.

En cas d'emballement, un déclenchement automatique met le moteur en court-circuit, et en cas, de surcharge, un autre déclencheur automatique permet d'éviter que le moteur n'absorbe une tension dangereuse.

A la Chaux-de-Fonds, la distribution à basse tension est assurée par trois groupes de 150 kilowatts et deux groupes de 75 kilowatts. Les groupes de 150 kilowatts sont composés d'un moteur série accouplé directement à une génératrice secondaire.

Deux de ces génératrices donnent normalement 330 volts, mais leur enroulement est calculé de telle manière qu'elles puissent travailler à 500 volts.

La troisième génératrice secondaire est établie pour la tension de 500 volts, et doit servir à alimenter une ligne de tramways et éventuellement des moteurs.

Les groupes de 75 kilowatts sont composés d'un moteur série accouplé avec deux génératrices secondaires donnant 155 volts.

La distribution se fait à trois conducteurs, les lampes fonctionnant à 150 volts. Les deux génératrices secondaires de 330 volts sont branchées sur les fils extrêmes, tandis que les petits groupes de 75 kilowatts servent à équilibrer les deux circuits.

Les principaux feeders sont souterrains en câble sous plomb du système Berthoud, Borrel et Compagnie.

Les feeders souterrains alimentent par l'intermédiaire de parafoudres à souffleurs magnétiques, des réseaux de distribution aériens en dehors de la partie centrale de la ville.

L'usine transformatrice du Locle se compose actuellement d'un seul groupe de 150 kilowatts, comprenant un moteur série et deux génératrices secondaires donnant chacune 150 volts.

Forces électriques de la Goule.

Le Jura bernois, district suisse, limitrophe de la France, est connu pour le développement de son industrie horlogère.

En 1893, une Société s'est fondée à Saint-Imier, sous le titre de Société des Forces électriques de la Goule, pour fournir à cette région le courant électrique destiné à l'éclairage et à la transmission de force.

L'usine de la Goule, mise en marche en décembre 1894, utilise une force motrice hydraulique fournie par le Doubs. La prise d'eau est en territoire français, tandis que les turbines sont établies sur territoire suisse.

La puissance de la chute d'eau est de 4 000 *ch*. L'usine comprend trois turbines, système Girard, à pivots supérieurs; l'em-

Fig. 11

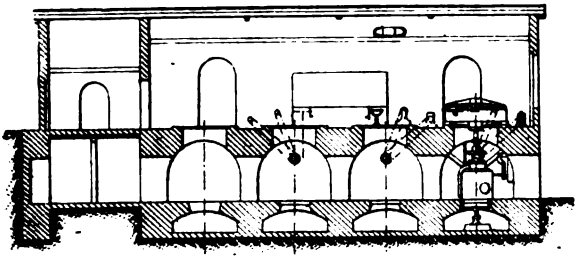


Fig. 13

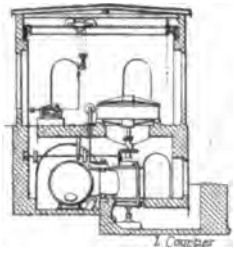
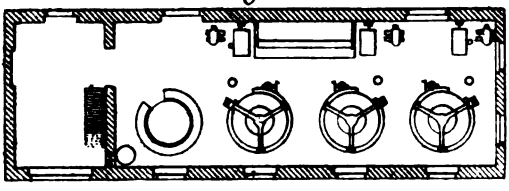


Fig. 12



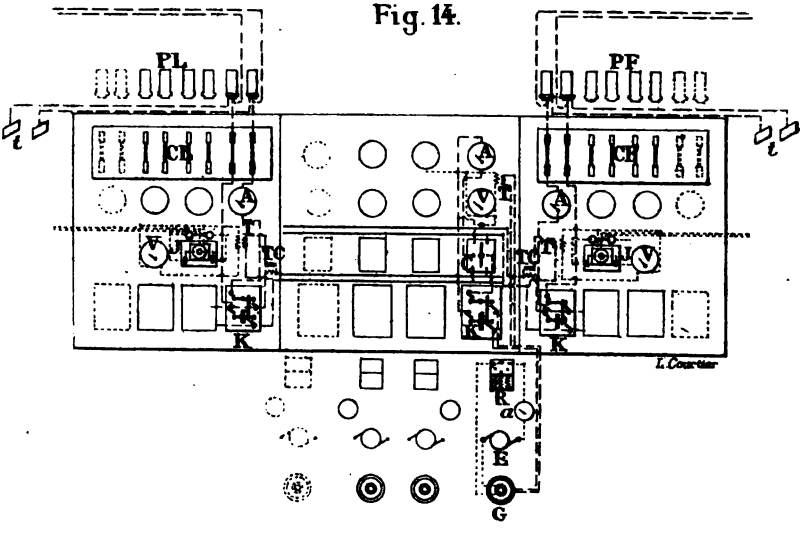
placement d'une quatrième turbine a été prévu *(fig. 11, 12 et 13)*.

Chaque turbine, pouvant développer 500 *ch* utiles à une vitesse de 200 tours par minute, est accouplée directement à une dynamo Œrlikon, à arbre vertical, donnant en pleine charge 5 500 volts

et 63 ampères à la fréquence de 50 périodes par seconde. Chaque générateur à courant alternatif est excité par une petite dynamo à courant continu.

Afin de rendre la lumière et la force motrice tout à fait indépendantes l'une de l'autre, on a monté partout des canalisations séparées pour la lumière et pour la force motrice. Le tableau de distribution *(fig. 14)* indique bien cette séparation, le panneau de

Fig. 14.



droite correspond à la force motrice, et le panneau de gauche aux circuits de lumière.

L'usine dessert, en Suisse, trois groupes de communes, savoir :

Premier circuit : Villeret, Saint-Imier, Souvillier, Renau, Courtelary et Cortébert;

Deuxième circuit : Les Breuleux, Tramelan-Dessous, Tramelan-Dessus.

Troisième circuit : Noirmont, Creux-des-Biches, Bois-Français, les Bois.

L'usine alimente en France :

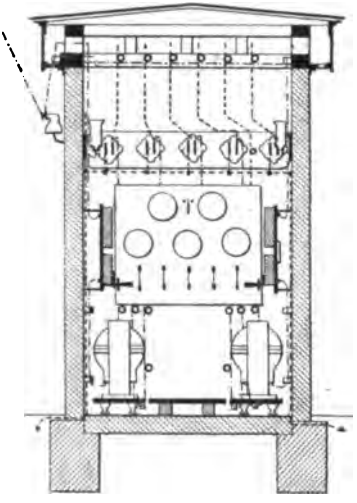
Charmanvillers, le Scent, Damprichard, Maiche, Trevillers, Charquemont, le Russey.

Au 31 décembre 1896, les lignes pour la lumière atteignaient une longueur de 84 *km*, et celles pour la force, 74 *km*.

La tension à l'usine étant de 5 500 volts, on a admis une perte maximum en ligne de 10 0/0 pour le réseau de lumière et de 20 0/0 pour le transport de force.

Dans chaque village desservi, les transformateurs pour la lumière et pour la force sont enfermés dans de solides maisonnettes qui constituent des stations plus ou moins puissantes d'où partent deux réseaux secondaires aériens distincts, l'un pour la lumière et l'autre pour la force motrice avec dérivations dans presque toutes les rues du village *(fig. 15 et 16)*.

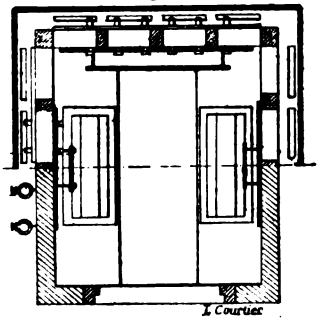
Fig. 15



Les transformateurs ont trois bornes, de façon à avoir, à volonté, 120 ou 240 volts, selon les modes de connexion des appareils de consommation. La distribution se fait donc avec le système à trois fils.

Les lampes fonctionnent au potentiel de 115 à 120 volts et les moteurs s'intercalent entre les conducteurs extérieurs.

Fig. 16



Les moteurs sont asynchrones, à courants alternatifs simples, du système Œrlikon.

D'après le rapport du Conseil d'administration de la Société des Forces électriques de la Goule, la situation, au 31 décembre 1896, était la suivante :

384 abonnés pour l'éclairage utilisaient 4 182 lampes absorbant 45 740 bougies produisant une recette de . . . 60 555,55 *f*

47 abonnés pour la transmission de force utilisaient 49 moteurs d'une puissance totale de 537,95 *ch* produisant une recette de 108 896,05

TOTAL des recettes prévues à partir du 1er janvier 1896 . . . . . 169 451,60 *f*

Les dépenses totales d'installation se sont élevées à . . . . . 1 878 698,57 *f*

Les frais d'exploitation, les frais généraux et les dépenses d'entretien sont évalués à . . . 44 439,59 (non compris l'intérêt et l'amortissement du capital).

Ce dernier chiffre ne peut être comparé à celui des recettes prévues, puisque, en réalité, le produit de l'exploitation proprement dite a été de 82 285,80 *f*, et que les recettes totales se sont élevées, pour l'année 1896, à 110 464,02 *f*.

Ces renseignements, forcément incomplets, ne nous permettent pas de tirer de conclusions, au point de vue des prix de revient, mais on peut bien augurer d'une entreprise qui vend l'énergie électrique à un tarif extrêmement réduit.

Forces électriques d'Olten-Aarburg.

L'usine électrique d'Olten-Aarburg utilise les forces hydrauliques de l'Aar au moyen de dix turbines Jonval de 4,50 *m* de diamètre à trois couronnes. La chute disponible varie de 1,70 à 3,60 *m*, et la vitesse de rotation des turbines, qui n'est que de 28 tours et demi par minute, est réglée par des régulateurs centrifuges agissant sur des servo-moteurs Bill.

La puissance minimum disponible est de 250 *ch* par turbine, ce qui donne un total de 2 500 *ch* pour l'usine.

Sur l'arbre vertical de chaque turbine se trouve calé l'inducteur d'une dynamo à courant biphasé, dont le diamètre est de 4,40 *m*, et qui possède 84 pôles. L'induit est fixe et l'isolement des fils de cuivre qui le constituent est obtenu à l'aide de douilles de mica essayées à 20 000 volts.

A la mise en marche, l'excitation est fournie à la génératrice principale par une batterie d'accumulateurs de 3 000 ampères-heures. Sur le circuit de cette génératrice se trouve branché un électromoteur à courant biphasé qui actionne une dynamo à courant continu donnant 1 000 ampères et 70 volts, et qui sert à l'excitation de toutes les génératrices.

La batterie d'accumulateurs est alors mise hors circuit, et elle est utilisée comme réserve pour l'excitation ou pour l'éclairage.

C'est le courant biphasé qui a été choisi, de préférence à tout autre, en raison des avantages qu'il présente au point de vue de la distribution.

La distance maximum de transport étant de 20 *km*, on a adopté

5 000 volts comme tension de distribution, cette tension étant produite directement par les génératrices.

Les conducteurs sont supportés par des isolateurs en porcelaine à double cloche fixés sur des poteaux de 10 *m* de hauteur.

Le réseau de distribution atteint aujourd'hui 70 *km* et la station la plus éloignée se trouve à 17 *km.*

Sur les lieux d'emploi, le courant à 5 000 volts est transformé en courant à 120 volts. Les stations de transformateurs sont combinées de façon à diminuer autant que possible le danger; à cet effet, on a complètement séparé la partie de la station affectée au courant primaire de celle réservée au courant secondaire.

La contrée desservie étant très industrielle, c'est la distribution de l'énergie qui domine; la lumière n'est par le fait qu'accessoire.

La Société vend l'énergie, soit à forfait, soit à l'année.

Par traité avec les communes, la Société s'est réservé le monopole de la distribution de l'énergie électrique; dans certains cas, elle traite directement avec les industriels, dans d'autres, au contraire, des syndicats servent d'intermédiaire entre la Société et les industriels.

L'énergie pour lumière électrique est vendue au tarif suivant :

14 *f*	par	lampe à incandescence de	10	bougies.
22	—	—	16	—
34	—	—	25	—
44	—	—	32	—

Ces prix s'entendent par année et pour une consommation illimitée.

Pour des chambres à coucher, salons, caves, jardins, magasins, bureaux et usines fermés à 7 heures du soir, les prix ci-dessus sont réduits de moitié.

Voici maintenant le tarif pour force motrice :

1/10 *ch*	22 *f*	par an.	
1/4.	55	—	
1/2.	110	—	
de 1 à 4 *ch*.	210 *f*	par cheval	et par an.
5 à 15	200	—	—
20 à 45	180	—	—
50 à 70	170	—	—
75 à 90	160	—	—
100 et plus	150	—	—

La durée d'utilisation est de 11 heures par jour et dans le cas où l'on voudrait utiliser la force motrice pendant une durée illimitée, on peut le faire moyennant une surtaxe de 30 0/0.

Pour de petits moteurs ne fonctionnant que le jour, les prix sont les suivants :

1/2 *ch* 75 *f*; 1 *ch* 120 *f*; 2 à 5 *ch* 90 *f* par cheval et par an.

Les frais d'installation de force motrice ou de lumière dans l'intérieur des immeubles sont à la charge des abonnés.

La Société a le droit d'interrompre le courant, en semaine, de midi à une heure, et les dimanches et jours de fête, pendant une période de dix heures.

L'installation d'Olten-Aarburg a coûté environ :

Terrain et concession	128 754 *f*
Constructions hydrauliques (barrage, canal, édifice)	1 849 158
10 turbines et constructions en fer	416 458
10 génératrices et accessoires	495 327
Réseau de distribution	610 303
TOTAL	3 500 000 *f*

D'après les prévisions, la vente de l'énergie se répartira comme suit, lorsque l'usine sera en pleine activité :

1 000 *ch*	à 150 *f*	150 000 *f*
1 350	160	160 000
200	90	18 000
350	192 (lumière)	68 200
2 900 *ch*	TOTAL	452 200 *f*

Soit, en moyenne, 156 *f* par cheval et par an.

D'après des expériences, il résulte que l'on peut vendre 20 à 25 0/0 en plus de la force réellement disponible à l'arbre des turbines en raison même de ce qu'un abonné paie toujours le maximum de l'énergie qu'il peut consommer. Comme ces maxima ne sont jamais atteints au même instant, on récupère ainsi les 20 0/0 de perte qui existent depuis l'arbre des turbines jusqu'aux poulies des électromoteurs.

En admettant que les frais d'exploitation et d'administration se

montent à 100 000 *f* lorsque l'usine donnera son maximum, en évaluant l'amortissement à 3 0/0 du capital, soit à 105 000 *f*, le capital obligations, qui est de 1 500 000 *f*, absorbera à 4,5 *f* 0/0 une somme annuelle de 67 500 *f*, et il restera pour le capital actions de 2 000 000 *f* un bénéfice net de 180 000 *f*, représentant un intérêt de 9 0/0.

L'énergie électrique est actuellement fournie à des fabriques de tissus, des teintureries, des tuileries, des usines mécaniques, des tonnelleries, des fonderies, des fabriques de produits chimiques, meubles, brosses, etc. Toutes ces industries se déclarent satisfaites de leurs installations électriques qui leur procurent des avantages très appréciables.

Compagnie électrique de la Loire.

La Compagnie électrique de la Loire possède actuellement trois usines: une hydraulique, une à vapeur et une mixte (hydraulique et à vapeur).

L'usine de Saint-Victor, qui est la première en date, est installée sur le canal du Forez; elle utilise une chute d'eau de 8,75 *m* de hauteur débitant 7,5 m^3 par seconde, et comporte trois turbines Hercule de 300 *ch* actionnant par engrenages coniques trois dynamos à courants triphasés du type Lauffen-Francfort construites par la maison Œrlikon. Un de ces groupes sert de réserve, et une machine à vapeur de 300 *ch* système Biétrix a été prévue pour le cas où l'eau viendrait à manquer.

La tension de chaque dynamo, qui est de 55 volts, est élevée à 3 000 volts par transformateur triphasé de 166 kilowatts. Jusqu'à présent les deux groupes en service ont alimenté des réseaux distincts et aucun essai de couplage n'a été fait.

L'usine de Pont-de-Lignon, qui est en cours d'exécution, est hydraulique. Elle comporte deux groupes de 200 *ch*. Les turbines de la maison Escher-Wyss de Zurich utilisent une chute d'eau de 10 *m* donnant 2 m^3 de débit; elles tournent à une vitesse de 250 tours, et leur arbre vertical porte l'inducteur de la dynamo à courant triphasé Œrlikon fournissant directement 3 000-5 200 volts.

Un tableau de distribution permet de coupler les deux alternateurs et de régler automatiquement la tension.

Une réserve de 50 à 60 000 m^3 d'eau donne la possibilité de fournir 400 *ch* pendant les heures les plus chargées.

L'usine à vapeur des rives de Saint-Étienne, qui est en marche depuis quelques mois, a été construite pour recevoir six groupes de 200 *ch* chacun. Deux de ces groupes qui sont installés comportent des machines à vapeur Biétrix à 12 *kg* de pression, tournant à 156 tours et commandant chacune, par une courroie, un alternateur triphasé Œrlikon donnant une tension de 120-200 volts qui est la tension de distribution.

Les canalisations de haute tension ont un développement de plus de 100 *km;* elles sont aériennes et à quatre fils (trois fils de phase et un fil compensateur). Les poteaux en bois ont 10,50 *m* de hauteur effective, et leur écartement varie de 35 à 50 *m*. Le diamètre des fils de ligne en bronze siliceux varie de 7 *mm* à 3 *mm*.

Tous les fils sont nus, sauf aux traversées des lieux habités et du télégraphe ou du téléphone. Ils sont fixés sur des isolateurs en porcelaine à double cloche. Tous les 5 ou 6 *km*, des boîtes de coupure permettent de sectionner la ligne.

Les canalisations de basse tension ou de distribution sont également aériennes, et le diamètre des fils varie de 3 *mm* à 13 *mm*. Ces canalisations reposent sur des potelets ou des poteaux en bois par l'intermédiaire d'isolateurs à simple cloche.

Le courant de haute tension est transformé dans des postes avant d'être distribué. Il existe généralement un poste par commune, et il y en a 40 répartis sur un développement de 100 *km*. Le plus éloigné se trouve à 40 *km* de la station. Les transformateurs de divers types (Œrlikon, Labour, Brown) ont une puissance variant de 3 à 60 kilowatts.

La Compagnie de la Loire dessert environ 5 000 lampes. Le prix du kilowatt-lumière est de 0,60 *f*, et à l'abonnement la lampe de 10 bougies est vendue 24 *f* pour les appartements, 30 *f* pour les boutiques et 36 *f* pour les cafés.

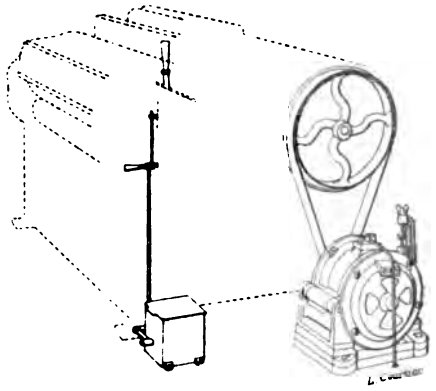
La Compagnie a eu surtout en vue la distribution de la force motrice aux ouvriers passementiers qui sont propriétaires de deux ou trois métiers dont la mise en marche nécessite, transmission comprise, 1/4 de cheval par métier. On a donc adopté comme type de moteur, celui de 3/4 de cheval donnant un rendement d'environ 70 0/0.

Les moteurs actionnent les machines-outils par l'intermédiaire

d'une transmission. La figure 17 donne la vue d'un métier actionné par un moteur électrique.

Le rendement total des lignes à haute tension de l'arbre de la turbine aux bornes des lampes ou des moteurs (c'est-à-dire lignes et double transformation comprises) atteint 50 0/0.

Fig. 17.



Le cheval mesuré sur l'arbre des moteurs est vendu 570 *f* pour les puissances de 1 *ch*, et ce prix va en décroissant jusqu'à 20 *ch* où il n'est plus que de 360 *f*. Les moteurs les plus puissants actuellement en service sont de 4,5 *ch*.

Les métiers actionnés depuis un an à Saint-Étienne sont au nombre de 700, et l'on espère atteindre le chiffre de 2 000 d'ici deux ans.

Dans la banlieue, 300 métiers sont mus électriquement, et ce nombre croîtra rapidement si l'on juge de la faveur avec laquelle l'énergie électrique a été accueillie par les passementiers.

Installations hydrauliques et électriques de la Société Lyonnaise des forces motrices du Rhône.

Lyon, dont la population est aujourd'hui de 400 000 habitants, est une ville où l'industrie est très importante, puisqu'en 1892, 13 000 *ch* étaient employés pour la teinture, les apprêts et impressions sur étoffes, les filatures, tissages, etc.

Tant pour répondre aux besoins actuels, que pour augmenter la prospérité de l'industrie du tissage, il s'est créé une Société ayant pour but d'utiliser les forces motrices du Rhône.

Le projet, qui est en cours d'exécution, consiste à établir une dérivation du Rhône à 15 *km* en amont de Cussey-Villeurbanne où l'usine est construite, et à déverser les eaux dans le Rhône par un canal de fuite de 3,2 *km* de longueur.

La chute ainsi créée est en basses eaux de 12,20 *m* avec une puissance totale d'environ 20 000 *ch*.

L'usine pourra recevoir 16 turbines Escher-Wyss et Cie, de 1 250 *ch* actionnant les dynamos génératrices et 3 turbines de 250 *ch* actionnant les excitatrices.

Les dynamos à axe vertical du système Brown et Boveri tourneront à 120 tours par minute et fourniront un courant triphasé de 3 500 volts et 50 périodes complètes à la seconde.

On a été conduit à employer la haute tension en raison de la distance de l'usine au centre de la ville qui atteint près de 7 *km*. Pour la simplification du service, on n'a admis qu'une seule transformation par transformateurs fixes.

Le système de distribution comporte donc une usine centrale produisant le courant à 3 500 volts et alimentant, par feeders, les réseaux de distribution sur lesquels sont branchés les transformateurs fixes abaissant la tension à 112-115 volts sur les réseaux secondaires.

Les câbles de haute tension seront composés de trois conducteurs isolés et tordus ensemble sous forme d'hélice, et toutes les précautions seront prises pour éviter les pertes et les courts-circuits. Les câbles seront placés directement en tranchée entre deux couches de sable, et protégés par une rangée de briques contre toute détérioration mécanique extérieure.

Des kiosques serviront à protéger les appareils destinés à connecter les feeders sur les réseaux de distribution à haute tension, et à permettre la réunion ou le découplage de ces réseaux entre eux. Ils contiendront les sûretés et les interrupteurs tripolaires de couplage.

D'autres kiosques, semblables, abriteront les transformateurs placés dans les rues.

NOTE

SUR LE

CONGRÈS DE STOCKHOLM

POUR L'ESSAI DES MATÉRIAUX

Présentée à la Société des Ingénieurs Civils

PAR

M. le Professeur BELELUBSKY, de Saint-Pétersbourg.

On sait que la conférence de Zurich (1895), qui fut la cinquième réunion internationale depuis celle de 1884 à Munich (sous la présidence du très regretté professeur Bauschinger), avait pris la résolution de se réunir à Stockholm en 1897, avant le congrès de Paris qui aura lieu en 1900. Le congrès de Stockholm a été organisé par l'Association internationale pour l'essai des matériaux, dont le commencement et les statuts datent de la réunion de Zurich et on peut dire que c'est depuis Zurich que les conférences internationales pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux sont devenues de vrais congrès, grâce à l'adhésion de la France, de l'Angleterre et des États-Unis d'Amérique.

L'Association internationale compte maintenant près de 1 500 membres et est dirigée par un comité-directeur dont le nombre des membres, d'après le congrès de Stockholm, a été porté de cinq à huit, toujours sous la présidence du professeur Tetmayer (Zurich).

Les pays qui ont seuls des représentants dans le comité-directeur sont : France (professeur, M. Debray) ; Russie (professeur, M. Belelubsky) ; Allemagne, Autriche-Hongrie, Angleterre, États-Unis, Suède et Suisse (Présidence).

Le programme du congrès a été élaboré par le comité-directeur et complété par le comité local suédois, en ce qui concerne les excursions, banquets, etc. Grâce à l'amabilité extraordinaire des membres du comité suédois, qui siégeait au Comptoir de fer (Iernkontovt), et se mettait immédiatement à la disposition des membres du congrès, les participants du congrès trop peu expéri-

mentés dans les langues scandinaves se trouvaient tout à leur aise dans ces pays attrayants du Nord. Le comité norvégien de la Société des Ingénieurs de Christiana tâchait de son côté de faciliter toutes les excursions en Norvège aux membres du congrès, dont plusieurs ont été accompagnés de leur famille.

Le nombre des membres du congrès s'est monté en tout à 400 personnes, appartenant à dix-neuf pays différents.

M. le professeur Tetmayer, qui présenta au congrès le rapport sur les travaux du comité-directeur dans la période de Zurich à Stockholm a été nommé président du congrès et enfin président de l'Association internationale pour la période qui doit s'étendre jusqu'au congrès de Paris.

Le congrès a tenu trois assemblées plénières et deux réunions partielles, l'une pour les métaux et l'autre pour les pierres et matériaux de liaison. L'ordre du jour des délibérations dans les sections se rapportait aux referats préparés par les commissions spéciales, nommées bien avant le congrès, ainsi qu'aux discussions sur des questions posées par les rapports et discours dans les assemblées plénières. Les procès-verbaux du congrès seront bientôt distribués à ces membres, et la Société des Ingénieurs Civils étant représentée au congrès par plusieurs délégués, en sera informée ; c'est pourquoi je vais me borner à faire connaître à la Société les questions les plus importantes du congrès et pour la plupart liées aux travaux des Ingénieurs français.

En première ligne je dois citer la conférence de M. J. Osmond, faisant comme on s'exprime en russe le « clou » du congrès, sur *la métallographie microscopique considérée comme méthode d'essai*. Cette excellente communication sur l'état contemporain des recherches microscopiques, faisant grand honneur au génie français, a été suivie de tableaux de projection et a excité une réelle ovation en l'honneur du savant français. M. E. Polonceau, Ingénieur en chef de la Compagnie Paris-Orléans, un des présidents d'honneur des séances plénières du congrès, a présenté le rapport sur la commission très importante pour le *rapprochement des résolutions prises par les conférences de Munich, Dresde, Berlin, Vienne et Zurich et d'autre part les conclusions de la Commission française nationale pour les méthodes d'essai des matériaux de construction*. La commission de M. E. Polonceau étant nommée par le comité-directeur de l'Association internationale et comprenant des représentants de tous les pays intéressés a eu une séance à Stockholm juste avant le congrès; l'avant-projet de la commission, contenant les indications

sur les divergences des résolutions et conclusions susdites a été fait par M. Baclé (métaux) et M. Alexandre (matériaux hydrauliques de liaison).

Le congrès, ayant approuvé les avant-travaux de la commission a constaté la nécessité du *statu quo* de la même commission en vue du congrès de Paris de 1900 ; une sous-commission a été nommée pour faire des légendes parallèles des divergences mentionnées dans le sens des conférences de Bauschinger et toujours en se basant sur le travail de MM. Baclé et Alexandre.

M. Martens-Bulon fait partie de cette commission comme vice-président ; M. Ast, directeur du chemin de fer du Nord (Vienne), président d'une autre commission internationale dont M. Barba est vice-président, présenta un rapport pour *le problème des recherches des voies et moyens pour introduire des prescriptions internationales uniformes pour déterminer la qualité des méthodes d'essai et le mode de réception de toutes sortes de fer et d'acier.*

Cette commission dont le rapport a été discuté dans la section des métaux a été maintenue par le congrès pour continuer les recherches et partagée en deux commissions ; l'une pour composer les conditions techniques internationales en se basant sur les conditions prises actuellement dans les pays différents, et l'autre pour étudier les nouveaux modes de réception du fer et de l'acier d'après le programme de Ast-Barba. C'est à la seconde commission qu'a été annexée la question sur le pliage du fer comme méthode d'essai d'après les travaux du général russe Korobscoff, question faisant l'objet du referat du professeur M. Belelubsky, tenu dans la section des métaux.

Notons ensuite que d'après le rapport du professeur M. Wedding-Berlon, célèbre chimiste allemand et président de la troisième commission internationale, le congrès a pris la résolution de fonder à Zurich un laboratoire sidéro-chimiste international pour l'unification des méthodes des analyses chimiques. La fondation du laboratoire est allégée grâce aux subventions promises par les usines des pays différents. Disons enfin, que dans la deuxième section présidée par M. Guérard, Ingénieur en chef du port de Marseille, le referat de M. Michaelis-Berlon sur le durcissement des matières calcifères a donné lieu à de vifs échanges d'opinions, auxquels ont pris part M. Lechatelier et le général Schoulatschenko-Pétersbourg (président d'honneur de la deuxième section).

Déjà cette courte énumération, sans entrer dans les détails ni

des séances plénières, ni des délibérations des sections, montre quel intérêt présentait le congrès de Stockholm. Si nous ajoutons cette possibilité attrayante des entrevues entre gens venus de tous les pays et l'intérêt des travaux techniques, les excursions aux alentours de Stockholm et ensuite à travers les trois pays scandinaves, l'Exposition de Stockholm, qui nous a fait connaître les forces du génie du Nord, et enfin l'amabilité dont nous étions entourés de la part de nos Collègues suédois et norvégiens, vous comprendrez, Messieurs, quel doux souvenir nous devions tous emporter de la visite de Stockholm. En même temps vous remarquerez que c'est d'une manière très importante que le génie de la France a participé aux travaux internationaux pour les méthodes d'essais.

NOTES
DE
NOS CORRESPONDANTS ET MEMBRES
DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

COMPTE RENDU
DE L'INAUGURATION DU SERVICE
DE LA
COMPAGNIE DES VOITURES ÉLECTRIQUES
DE LONDRES

PAR

M. F. LANGE

Le 19 Août 1897, a eu lieu, sous la présidence de M. W. H. Preece, l'inauguration du service de la Compagnie des Voitures électriques de Londres.

15 coupés ont été mis à la disposition des invités qui ont pu se rendre compte des avantages que procurera au public, l'application de la traction électrique aux voitures de place.

A titre de renseignement, voici le tarif que l'on doit appliquer :

Pour une distance ne dépassant pas 3,200 *km* . .	1,25 *f*
Chaque 3,200 *km* en plus	0,60
Pour une heure.	3,10
Pour chaque quart d'heure, en plus	0,80

Les voitures ressemblent un peu comme forme et couleur, à celles de la Compagnie *Urbaine* de Paris; elles pèsent, voyageurs et conducteur compris, environ 1521 *kg*. Les accumulateurs entrent dans ce poids pour 710 *kg*. Les roues sont à caoutchouc plein.

Il y a par voiture 40 éléments de la E. P. S. C° type pour la traction d'une capacité de 170 ampères-heures au régime de décharge de 30 ampères. Ces éléments sont montés sur un plateau en bois, et suspendus sous la voiture par 4 crochets supportés par des ressorts travaillant à la compression; comme il y a en plus les ressorts ordinaires de la voiture, les éléments se trouvent soustraits aux vibrations occasionnées par le cahot des roues.

Il faut 5 minutes pour enlever d'un coupé un plateau d'éléments vides et les remplacer par un autre plateau d'éléments chargés.

La manœuvre se fait comme suit; la voiture qui rentre au dépôt pour remplacer ses accumulateurs vides, se place au-dessus d'un ascenseur; l'ascenseur monte entre les quatre roues de la voiture et soulève le plateau contenant les accumulateurs, qui se trouve ainsi décroché; on fait avancer la voiture; le plateau avec ses accumulateurs est monté par l'ascenseur au premier étage; on le remplace sur l'ascenseur par un plateau d'éléments chargés, l'ascenseur redescend; la voiture se place de nouveau au-dessus de l'ascenseur; l'ascenseur est légèrement levé pour accrocher le plateau sous la voiture, on le fait redescendre, et la voiture repart avec une énergie nouvelle lui permettant de parcourir 80 *km*, sans rentrer au dépôt.

A l'arrière du coupé, se trouve un moteur de 3 *ch*, vitesse 1 480 tours, 30 ampères, 80 volts, système Johnson Lundell, avec double enroulement de l'armature ainsi que des électros.

Les deux roues d'arrière de la voiture étant commandées par un seul moteur, il était important d'adopter une commande différentielle pour réunir ensemble les deux moitiés du renvoi.

Les chaînes qui réunissent le renvoi aux roues motrices sont du type Hans Renold's.

Cette combinaison de double enroulement, de l'armature et des électros du moteur, donne la plus grande économie de courant, à n'importe quelle vitesse de la voiture.

La poignée ou levier de manœuvre est disposée de façon que, mis sur le premier plot (marche en avant), les enroulements de l'armature sont en série, ainsi que les deux enroulements des électros-aimants; avec un petit rhéostat de mise en marche est intercalé dans le circuit.

Au second plot, les enroulements restent en série, mais la résistance est enlevée; avec cette combinaison la voiture marche à une vitesse d'environ 5 *km* à l'heure.

Au troisième plot les enroulements de l'armature sont réunis en parallèle, mais ceux des électros restent en séries, avec cette disposition, la voiture développe environ 11 *km* à l'heure.

Le quatrième plot met les électros en parallèle, et la voiture fait alors environ 14,5 *km* à l'heure.

Par ce dispositif, il n'y a pas d'introduction de rhéostat entre les vitesses minimun et maximum.

Pour l'arrêt ou la marche arrière, le levier étant à son point de départ:

Le premier plot de gauche met le moteur en court circuit à travers le rhéostat de démarrage, et il agit alors, légèrement, comme frein.

Le second plot met le moteur en court circuit complet, arrêtant complètement la voiture.

Le troisième plot change les connexions entre les armatures et entre les électros, le mouvement est renversé et le coupé peut alors reculer avec sa vitesse maximun.

Le frein, mû par le pied du conducteur, est disposé de façon à interrompre le courant par un déclenchement rapide, pour ne pas créer un arc, et aussi pour empêcher que le conducteur applique le frein, tout en maintenant le courant sur le moteur.

Un second avantage de ce dispositif de frein est que le conducteur peut placer son levier de mise en marche au plot le plus réduit, soit n° 2 en avant, ou n° 3 en arrière, et remettre en marche ou arrêter la voiture en levant ou abaissant seulement son pied.

Cette faculté a son importance en cas d'encombrement de la voie publique.

La Société achète son courant pour ne pas être obligée à établir dans Londres plusieurs stations de charge; elle s'est entendue avec le « Shoreditch Vestry », qui lui fournira le courant, le jour seulement, à raison de 0,15 *f* le kilowatt.

La voiture parcourt 6,5 *km* avec 1 kilowatt.

On compte que le courant nécessaire pour un parcours de 80 *km* revient à 2,50 *f*.

Le courant est produit à l'usine centrale de Deptford; et amené au dépôt des voitures à une tension de 2400 volts; il met en mouvement un « Syncronous Motor » d'une puissance de 110 *ch*, avec 85 phases à la vitesse de 710 tours à la minute.

Ce moteur est accouplé directement à une génératrice à quatre pôles, fournissant 750 ampères et 100 volts à une vitesse de 710 tours.

La charge des accumulateurs se fait à l'aide de cette dynamo dont les balais sont en charbon, en passant par un tableau de distribution.

A chaque groupe d'accumulateurs placé sur son wagonnet, correspond un rhéostat de charge et un voltmètre placés sur le tableau de distribution.

Pour chaque groupe, les deux câbles (aller et retour), reviennent au tableau; et un seul opérateur peut ainsi assurer la charge simultanée de diverses batteries.

COMMUNICATIONS RELATIVES AU MÉMOIRE

SUR LES

RÉSERVOIRS DU NIL

(Séance du 4 juin 1897.)

Paris, le 29 juillet 1897.

A Monsieur le Président
de la Société des Ingénieurs Civils de France.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

J'ai l'honneur d'attirer votre attention sur la carte de la vallée du Nil publiée dans le dernier *Bulletin* de la Société des Ingénieurs Civils de France (juin 97, *Pl. 192)* à l'appui de la très intéressante étude de M. Badois sur les *Réservoirs du Nil.*

Sur cette carte, l'Abyssinie figure comme entrant dans la *sphère des intérêts italiens.*

Si les Italiens, nonobstant les difficultés qu'ils ont rencontrées à Adoua, persistent à considérer leur influence en Abyssinie comme prépondérante, il semble que cette prétention ne devrait pas rencontrer en France même l'apparence d'une adhésion. Le gouvernement de l'Empereur Ménélick II est absolument indépendant et libre et l'Abyssinie est simplement dans la sphère des intérêts abyssins, ce dont les Français doivent se féliciter.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

A. SUAIS.

Paris, 31 juillet 1897.

MON CHER PRÉSIDENT,

La carte de la vallée du Nil qui accompagne ma communication sur les *Réservoirs du Nil* m'a été envoyée du Caire, et je n'ai pas cru devoir y rien changer.

Il paraît évident qu'il y a une erreur typographique, puisque les mots : sphère des intérêts italiens, devraient être près de la ligne de séparation indiquée comme limite de la sphère des in-

térêts anglais, et qu'ils sont appliqués jusque sur le territoire de l'Abyssinie — que la carte délimite d'ailleurs, d'une manière spéciale. C'est une confusion qui, certainement, n'a rien d'intentionnel et que chacun rectifiera sans doute aisément, à la suite des événements qui sont encore assez récents pour être dans toutes les mémoires, et l'empereur Ménélik II ayant su, par sa magnanimité et sa grandeur, affirmer son autorité aux yeux du monde civilisé.

Ai-je besoin de dire qu'à la Société nous ne faisons pas de politique, et qu'en tous cas, nous ne pouvons avoir aucunement la pensée, dans nos travaux techniques, de manifester une adhésion quelconque à la politique d'un gouvernement étranger.

Je serais heureux que ces assurances fussent de nature à faire cesser toute inquiétude dans l'esprit de notre distingué Collègue.

Veuillez agréer, mon cher Président, l'expression de mes meilleurs sentiments.

Ed. Badois.

Constantinople, le 10 août 1897.

Monsieur le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, à Paris.

Monsieur le Président,

Notre Société voudra bien, sans doute, se souvenir que je me suis toujours beaucoup attaché à l'étude de l'aménagement et de l'utilisation des eaux, et que j'ai, depuis fort longtemps, développé mes idées à ce sujet dans divers écrits et dans des communications présentées à notre Société, aussi bien qu'aux Sociétés d'Agriculture, à la Société de Géographie et dans plusieurs Congrès scientifiques.

Envisageant la question dans son ensemble, j'avais essayé de formuler une sorte de doctrine d'hydraulique fluviale qui pût servir de guide pour arriver à résoudre les nombreux problèmes se rattachant à l'action et à l'emploi des eaux, lesquels, étant tous subordonnés aux lois d'un même élément, ne devaient pas comporter de solutions isolées et surtout contradictoires.

Sans reprendre ici l'exposé de cette doctrine, j'en rappellerai brièvement quelques principes auxquels j'aurai, dans ce qui va suivre, besoin de me reporter.

Les cours d'eau passent par une série d'états successifs. Ils

présentent d'abord, un système de lacs étagés, se déversant de l'un à l'autre par d'étroits défilés; à la longue, sous l'action des eaux, ces défilés se creusent et les niveaux s'abaissent; finalement l'épuisement progressif des lacs qui servaient de régulateurs, a pour conséquence l'assèchement et la stérilité des plateaux supérieurs, en même temps qu'une torrentialité croissante des cours d'eau, menaçant les vallées d'inondations de plus en plus redoutables.

La main de l'homme a sensiblement contribué à accélérer la marche du phénomène. On a détruit des forêts qui, en facilitant l'infiltration des eaux, étaient d'efficaces régulateurs hydrauliques, aussi bien que des protecteurs du sol; on a desséché nombre de petits lacs ou étangs, qui faisaient également fonction de réservoirs; on a abaissé des seuils existant encore dans le lit des rivières, en croyant ainsi améliorer leur navigabilité; enfin, la législation, dans la pensée de donner une compensation aux riverains exposés aux dommages et au danger des crues, leur a, par une singulière méprise, attribué l'usage exclusif des eaux courantes, alors qu'aucun d'eux ne peut les utiliser isolément, et qu'il fallait au contraire, pour le bien de tous, chercher à les dériver de leurs lits et à les répandre au loin.

Par toutes ces causes réunies, une grave atteinte a été portée à la double et essentielle fonction des eaux qui est d'emmagasiner de la force motrice et de féconder la Terre.

Je me propose d'appliquer ces principes à l'examen d'un grand projet d'hydraulique fluviale dont on a beaucoup parlé depuis quelques années et qui, tout récemment encore, a fait, au sein même de notre Société des Ingénieurs Civils, l'objet de communications et de discussions intéressantes; je veux parler des barrages du Nil.

La solution du problème est si essentielle à la prospérité de l'Égypte que sa recherche s'impose à l'attention de tous ceux qui ont quelque connaissance de ce pays. J'ai commencé moi-même à y penser, lors du canal de Suez, à l'occasion d'un voyage que je fis sur le Nil, jusqu'à la seconde cataracte.

Depuis ce temps, de nombreux projets ont été élaborés et des commissions nommées pour leur examen, mais sans qu'aucun d'eux ait présenté des conditions d'établissement assez satisfaisantes pour entraîner la conviction et commander la mise à exécution des travaux projetés.

J'aurai la hardiesse de dire que si l'on n'a abouti jusqu'à

présent à aucune solution, c'est que l'on ne s'est pas inspiré des véritables principes qui doivent régir toute tentative d'amélioration du régime des fleuves.

J'ai indiqué comment la disparition des lacs et autres retenues des eaux a produit des phénomènes de torrentialité de plus en plus marqués, se traduisant par un amaigrissement continu des étiages et une augmentation des crues. D'autre part, l'abaissement des eaux a mis à découvert des plaines d'alluvion où se sont répandues les plus riches cultures. De nos jours encore, on cherche à conquérir de nouveaux terrains, également fertiles au moyen de dessèchements et d'endiguements opérés jusque sur les moindres ruisseaux. Ce serait donc aller à l'encontre de l'action de la nature et du travail des hommes que de vouloir restreindre cette extension du sol cultivable ; mais alors il devient indispensable de parer aux effets de la fuite générale des eaux qui, n'ayant plus à s'arrêter nulle part et courant sur le sol comme sur une toiture, se précipitent et s'échappent par le plus court chemin que leur offre le thalweg des vallées. Or, pour atteindre ce but, le moyen à employer, avec les reboisements, c'est de remplacer les réservoirs, disparus ou détruits, par des dérivations disposées de façon à maintenir les eaux artificiellement à leurs niveaux les plus élevés et à retarder autant que possible leur chute. Le problème consiste en un mot, à écarter sans cesse les eaux de leurs lits, en leur ouvrant des issues latérales suffisamment multipliées. Ces dérivations qui seront des débouchés en temps de crues, permettront de reconstituer des réserves d'eau sur les hauteurs et amèneront, par infiltration, le relèvement des étiages ; les fleuves seront ainsi rendus à leur véritable destination qui est de drainer les eaux après qu'elles ont satisfait à leurs fonctions multiples, agricoles et industrielles.

Là est le remède au désordre hydraulique actuel, et l'on peut condamner, par avance, tous les ouvrages qui ne concourent pas à ce but essentiel.

L'établissement de barrages pour constituer des réservoirs dans le lit même des rivières est dans ce cas.

De tels ouvrages prêtent aussi à d'autres critiques.

En ce qui concerne, notamment, les besoins agricoles, les surfaces que la capacité des réservoirs permet d'arroser ne dépassent guère, en général, le triple de celle qu'ils occupent. Il importe donc de choisir, pour leur emplacement, des terrains de peu de valeur ; c'est le contraire qui aurait lieu, en les établissant au

travers des vallées, lesquelles d'ailleurs, se prêteraient rarement, tout au moins dans des contrées peuplées, à de grands emmagasinements d'eau. A plus forte raison, de tels réservoirs seraient-ils tout à fait impuissants à retenir des crues de quelque importance.

Il convient, enfin, d'ajouter que toutes les œuvres qui ont pour objet de modifier le mouvement des eaux, c'est-à-dire d'apporter un changement quelconque au mode d'action de cette force de la nature, doivent présenter des conditions de sécurité absolue, un caractère de pérennité. Or, des exemples malheureusement trop nombreux ont démontré, partout, que les barrages en rivière, quelque soin que l'on apporte à leur construction, sont d'une durée fort aléatoire.

Appliquons ces diverses considérations à la question du Nil.

Au seul point de vue de la sécurité, les énormes barrages proposés sont des conceptions bien difficilement défendables. Sans entrer ici dans l'examen détaillé de leur construction, on peut se borner à admirer l'extraordinaire sérénité avec laquelle la plupart d'entre eux ont été projetés. Le Nil débite, en crue, une douzaine de mille mètres cubes, à la seconde ; comment a-t-on pu songer sérieusement à opposer à un torrent de cette puissance, dans des gorges où sa profondeur atteint jusqu'à vingt mètres, des murailles, étagées ou non, de trente à quarante mètres de hauteur ? S'imagine-t-on ce fleuve, qui est parvenu à se frayer passage et à creuser son lit à travers les roches les plus dures, tombant en cascade formidable sur ce fragile ouvrage des hommes et menaçant incessamment d'une catastrophe, à une échéance indéterminée mais fatale, toute la vallée inférieure ?

On peut chercher à se servir de pareilles forces, on ne lutte point avec elles.

Je m'étais cependant rallié au projet de Selsileh ; parce que, en cet endroit, le barrage, comportant des canaux de fuite séparés, échappait au danger capital d'être à déversement supérieur. Son établissement était relativement plus praticable et permettait, en outre, une première tentative à hauteur réduite. J'ajouterai que le parti pris manifeste qui existait en faveur de la solution des barrages, m'avait aussi conduit à penser que c'était là le seul moyen d'engager la question, sauf à modifier le projet, après des études plus complètes. Mais, il s'est trouvé que l'on s'était fait illusion sur la capacité de la retenue d'eau ; puis, des doutes surgirent sur la solidité de la fondation même de l'ouvrage. C'est

alors que l'on proposa des barrages en d'autres points, notamment à Assouan et à Kalabché. Tous ces projets, en dehors même de leur vice commun de prétendre reconstituer des seuils que la nature et les hommes ont détruits, se sont heurtés à des difficultés vraiment insurmontables.

Concluons donc de tout ce qui précède que l'on a fait fausse route et que, conformément aux principes ci-dessus énoncés, la solution doit être cherchée non dans des barrages établis au travers du fleuve, et relevant son niveau, parfois au détriment de localités déjà occupées, mais bien dans des canaux à large section dérivant, sur les deux rives, les eaux surabondantes.

Prenons pour exemple une dérivation qui partirait des environs de Selsileh ou d'Assouan. L'idée d'une prise d'eau en ce point n'est pas nouvelle. Elle fut tout d'abord rejetée, parce qu'elle se réduisait à la création d'un canal d'arrosage; on objecta, avec raison, que le débit du Nil, à l'étiage, ne suffisant même pas aux cultures actuelles, il n'était pas possible de lui faire un nouvel emprunt avant d'avoir créé des réserves d'eau supplémentaires.

Aussi bien, n'est-ce pas d'un simple canal qu'il s'agirait, mais d'une dérivation alimentée par les eaux de crue, et de dimensions suffisantes pour constituer, en même temps, un véritable réservoir, un *réservoir longitudinal*.

J'insiste tout de suite sur cette expression de *réservoir longitudinal* parce qu'elle définit exactement le système dont je voudrais montrer les avantages, en regard des inconvénients et dangers des *réservoirs transversaux* formés par les barrages.

Disons tout d'abord que le seuil de la prise d'eau serait placé au niveau de l'étiage du fleuve en ce point, au besoin même un peu au-dessus, de façon à ne rien prélever sur les débits minima nécessaires aux besoins actuels. La dérivation ne s'alimenterait que pendant la période des crues ; des portes de garde, à l'entrée régleraient cette admission. Un canal d'amenée, de dimensions et de pente suffisantes, conduirait les eaux à la dérivation proprement dite, c'est-à-dire au réservoir longitudinal. Ce réservoir s'étendrait tout le long de la plaine, au pied des collines qui bordent la vallée. D'un côté, sa berge serait assez régulière ; de l'autre, il serait simplement limité par le contour sinueux des versants des coteaux. Sa largeur serait donc très variable ; mais elle pourrait être, en général, fort considérable, puisqu'elle dépendrait uniquement de la position de la berge, laquelle serait

aussi facilement établie à une distance assez grande. Les eaux seraient maintenues en des biefs successifs, au moyen de barrages légers, de faible chute, et placés, de préférence, dans les endroits où le canal serait le moins large. L'exécution de la berge n'exigerait qu'un simple travail de terrassement qui, dans ce pays, s'obtient à très bon marché.

Pour poser quelques chiffres, admettons une largeur moyenne de 500 *m* et une profondeur de 2 *m* seulement ; la section serait de 1 000 *m*, ce qui donnerait pour le parcours d'environ 1 000 *km* d'Assouan à la mer, une capacité d'un milliard de mètres cubes. Ce volume d'eau serait fourni, pendant deux mois de maximum de crue, par un débit, à la prise, d'environ 200 m^3 à la seconde, ce qui est assurément réalisable. Ce seul canal-réservoir permettrait donc d'opérer sur les crues un prélèvement appréciable qui suffirait, à raison de 10 000 m^3 par hectare, à l'arrosage de 100 000 *ha*. Ces quantités ne sont, d'ailleurs, indiquées ici qu'à titre d'exemple et pour fixer les idées ; elles pourront être augmentées, en dressant le projet, presque autant qu'on le voudra ; il suffira pour cela, en effet, d'écarter et d'exhausser suffisamment la berge du canal. Il n'est pas tenu compte, dans le calcul ci-dessus, de l'évaporation et autres déperditions ; elles seront compensées par les débits à la prise, en dehors des deux mois de remplissage. Notons aussi, qu'avec ce système, il n'y aurait pas à se préoccuper des envasements, tout à fait négligeables pour une aussi faible tranche d'eau, et auxquels, d'ailleurs, on remédierait au besoin, s'il s'en produisait au bout d'une période assez longue, soit par quelques curages, soit au moyen d'un léger relèvement de la berge.

En résumé, en dehors des ouvrages spéciaux de la prise et du canal d'amenée, l'établissement de ce canal-réservoir ne présenterait vraisemblablement aucune difficulté notable et serait relativement peu coûteux. Cette dépense est, au surplus à peine à considérer, si l'on compare ce système de réservoir longitudinal avec celui des barrages ; car les réservoirs transversaux exigent également des canaux de dérivation, et cela dans des conditions de moins facile et moins rationnelle distribution des eaux. C'est une considération de plus qui milite en faveur de la construction du canal-réservoir proposé, puisque ce canal serait toujours utilisable, même au cas où l'on arriverait finalement à recourir aux barrages, alors que ceux-ci ont plus spécialement en vue de maintenir un mode de culture défectueux, destiné tôt ou tard à disparaître.

Ajoutons, enfin, que ce réservoir longitudinal, qui s'alimenterait par un canal d'amenée taillé en plein roc et qui s'appuierait dans toute sa longueur sur une berge parfaitement solide faisant pour ainsi dire corps avec le sol, présenterait justement toutes les conditions de sécurité et de durée indéfinie qui sont à rechercher pour de tels ouvrages.

Je viens d'indiquer les résultats à obtenir avec une seule dérivation. On conçoit aisément que, le système ayant une fois démontré ses bons effets, d'autres dérivations semblables pourraient être opérées successivement, suivant les besoins, sur les deux rives, en autant de points qu'il sera nécessaire. En remontant vers l'amont, on atteindrait des cotes dominant des plaines assez vastes pour absorber d'énormes quantités d'eau. Avec le temps, on parviendrait ainsi à utiliser la plus grande partie, sinon la totalité, des eaux surabondantes des crues, pour transformer des déserts brûlants en champs d'infiltration et d'évaporation où apparaîtrait bientôt la végétation, au grand profit du climat général et de la fortune de l'Egypte.

Telles sont, monsieur le Président, les vues que j'avais à présenter sur le problème si controversé de l'aménagement des eaux du Nil.

Je sens bien que ce ne sont là, encore, que des idées générales et que le système que je propose demanderait à être appuyé sur des études précises. J'aurais pu, tout au moins, donner verbalement devant notre Société des explications plus étendues que ne le comporte cette lettre, peut-être déjà trop longue. Mais je suis éloigné de vous et je n'ai pas, pour le moment, d'autre moyen de communication.

J'aurai cependant atteint mon but, si je suis parvenu, par ce simple exposé, à attirer l'attention de notre Société dont l'opinion, toujours plus écoutée, ne saurait manquer d'exercer son influence sur l'étude et la solution d'une des plus grandes questions d'hydraulique fluviale qui puisse être posée à l'art de l'Ingénieur.

Veuillez agréer, monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération et de mes sentiments les plus dévoués.

CHARLES COTARD.

Note en réponse à la lettre de M. Cotard, du 10 août 1897.

Je ne voudrais pas abuser de l'attention des membres de la Société, mais l'autorité qui s'attache d'ordinaire aux appréciations de notre Collègue, M. Cotard, dans les questions d'hydraulique fluviale ne permet pas de laisser passer sans observations la lettre qu'on vient de lire.

Si j'ai réussi dans ma communication sur *les Réservoirs du Nil* à bien définir la portée pour l'Égypte du problème de l'aménagement des eaux de ce fleuve, on se rappellera qu'il s'agit d'obtenir, en l'état actuel, un triple résultat : obvier aux inconvénients d'une crue excessive ou désastreuse; augmenter le volume d'une crue insuffisante; enfin fournir pendant l'étiage l'eau nécessaire aux cultures d'été.

La solution que propose aujourd'hui M. Cotard, comme une application de ses vues générales sur l'utilisation des eaux courantes, donne-t-elle, pour le Nil, satisfaction aux trois buts ci-dessus énoncés?

Je ne le crois pas.

Ce fleuve a une caractéristique spéciale, le phénomène d'inondation annuelle, d'où l'Égypte tire sa vie et sa prospérité, et qu'on ne saurait songer à remplacer par un autre mode d'irrigation. Dans aucune autre vallée on ne remarque des variations du cours d'eau suivant des périodes régulières depuis des milliers d'années et survenant presque à jour fixe à leurs différents degrés d'amplitude. Ici les différences n'existent que dans le volume et la montée des eaux, et c'est cela seulement qu'il est nécessaire de régulariser. La crue la plus favorable correspond à un débit de 10 000 m^3 par seconde au Caire, et de 12 000 m^3 à Assouan avec des montées de 7 et de 9 m en ces deux points.

Au-dessous de ces débits, il y a disette ou famine, l'inondation ne se produisant pas à la hauteur voulue; au-dessus la crue est excessive. Elle peut atteindre alors un quart en plus du volume normal, soit 2500 ou 3000 m^3 d'excédent par seconde, ce qui est une cause de désastres et de ruine pour le pays.

M. Cotard veut dériver ce trop-plein de la crue dans des canaux latéraux, ou pour mieux dire dans un second lit supérieur, car il s'agit de canaux ayant 500 m de largeur et 1 000 km de longueur.

Que deviendra cette eau ? — Elle se répandra sans doute sur des terres aujourd'hui arides, et y sera absorbée en produisant de superbes récoltes. — C'est fort bien pour l'année où se manifestera une crue excessive, et ce serait parfait si cela avait lieu tous les ans et au même degré. Mais les crues de cette nature ne surviennent, en moyenne, qu'une fois en dix ans. Donc pendant neuf années sur dix les canaux latéraux en question ne devraient pas recevoir d'eau, si l'on ne veut pas nuire à l'inondation générale, et dès lors, tout ou partie des terres correspondantes seraient privées d'arrosage pendant ces neuf années. C'est inadmissible.

Si, par contre, on ne cherche pas à utiliser cette eau en excès pour la culture et qu'on l'emmagasine simplement afin de la soustraire au fleuve pendant la période dangereuse de quinze ou vingt jours, c'est un volume total de 3 à 5 milliards de mètres cubes à loger. Pour le faire, il faudrait exécuter des terrassements énormes, souvent dans le rocher, et l'on serait conduit à de très grosses dépenses et à l'occupation d'une très grande superficie de terrain.

D'autre part, lorsque la crue s'annoncera comme devant être insuffisante, ce système de canaux réservoirs longitudinaux, alimentés par la montée des eaux, déjà trop faible, ne saurait être un remède à l'insuffisance. Cette partie du problème est pourtant la plus importante à résoudre, puisque le fait peut se produire deux ou trois fois en dix ans.

Ce sont indubitablement des considérations de ce genre qui ont amené les différents auteurs des projets, à emmagasiner et relever les eaux du Nil par des barrages établis dans le lit même du fleuve, et on ne voit pas qu'il soit guère possible de faire autrement, si l'on veut, non seulement atténuer les trop grandes crues, mais encore amplifier au moment propice celles qui sont trop faibles, car pour ce dernier cas, il faut disposer d'une réserve d'eau indépendante et d'un niveau plus élevé que celui de la crue qu'il s'agit d'exhausser.

Il faut de même pour justifier la création des canaux d'arrosage des cultures d'été, avoir constitué une réserve spéciale d'eau à niveau surélevé.

M. Cotard convient de s'être rangé au projet de Selsileh en 1884; mais il craint aujourd'hui de reconstituer des seuils que, dit-il, la nature et les hommes ont détruits, et il redoute une catastrophe possible par l'effondrement du barrage. Il ne faut pourtant pas renoncer à la pratique de l'art de l'Ingénieur parce qu'un

événement malheureux est survenu à la digue de Bouzey, par exemple, pour laquelle le grand tort, au fond, a été de vouloir ménager la dépense au delà des limites compatibles avec la solidité certaine de l'ouvrage.

Les seuils du Nil n'ont été détruits que parce que l'eau passait par-dessus. Un barrage insubmersible accompagné de larges dérivations ne serait pas exposé aux mêmes causes de destruction, et sans être trop présomptueux, on peut projeter d'asseoir en rivière, à l'aide des procédés du génie moderne, une muraille capable de soutenir l'effort de 25 *m* de hauteur d'eau morte, sans craindre sa rupture. On en voit en Espagne de plus hautes qui résistent depuis des siècles. Il est vrai qu'elles sont plus épaisses que ne l'indiquerait la formule à minima de la théorie suivie à Bouzey. Mais les Maures pensaient sans doute que la science ne doit pas exclure la prudence, et rien n'empêche de les imiter.

J'estime donc qu'il faut envisager résolument la solution de l'aménagement des eaux du Nil par la création de réservoirs avec barrages insubmersibles dans le lit du fleuve, produisant une surélévation des niveaux. Il doit être entendu que ces ouvrages seraient placés aux points convenables, qu'ils auraient une hauteur modérée et seraient solidement et rationnellement établis.

Ed. Badois.

CHRONIQUE

N° 214.

SOMMAIRE. — Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives *(suite et fin)*. — La vitesse sur les tramways.— Les rayons Rœntgen et l'électricité. — Le pétrole à Bakou. — Force motrice à bon marché.

Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives *(suite et fin)*. — Nous allons voir maintenant comment on peut déterminer les surfaces de grille et de chauffe d'après les indications qui ont été données ci-dessus, lorsqu'on a calculé comme il a été exposé précédemment les dimensions des cylindres, le diamètre des roues, etc. Une observation préalable trouve toutefois sa place ici. On peut réaliser le même travail avec un cylindre de volume modéré et une assez forte introduction ou avec un cylindre plus grand et une moindre admission. Comme il y a là une indétermination, il est nécessaire d'introduire certaines hypothèses comme point de départ. Dès lors les proportions obtenues doivent être considérées comme correspondant seulement à ces hypothèses, mais comme celles-ci ont été choisies comme représentant sensiblement la pratique courante, on doit admettre que le résultat concorde d'une manière satisfaisante avec ce qui existe en réalité.

On posera en principe que, pour le travail moyen, c'est-à-dire celui qui correspond à la plus grande partie du parcours, la vapeur devra être employée dans des conditions économiques. Ces conditions seront réalisées avec une admission de 25 0/0 pour les locomotives ordinaires et de 50 0/0 pour les locomotives compound. On admettra de plus que si la vitesse maxima en milles à l'heure correspond au diamètre des roues exprimé en pouces, ce qui, en mesures métriques, donne pour la vitesse en kilomètres, le diamètre des roues en décimètres multiplié par 6,3, la vitesse ordinaire, c'est-à-dire celle à laquelle est effectuée la plus grande partie du parcours est sensiblement la moitié de la précédente et correspond à 168 tours par minute. Il s'agit ici seulement de locomotives pour trains de voyageurs.

Une introduction à 25 0/0 de la course à 168 tours donne d'après le diagramme dont il a été question plus haut une pression à la fermeture égale à 70 0/0 de la pression initiale, laquelle sera supposée égale à 11,3 *kg* ; la pression à la fermeture sera donc 7,93 *kg*.

Le volume des cylindres en mètres cubes est double du produit de la surface du piston par la course. On multiplie, comme on l'a vu, ce volume par le nombre de tours 168 et par 2, puis par la fraction correspondant à l'admission, par 60, par 1,25 pour tenir compte de la con-

densation et par 1,20 pour avoir le poids de vapeur à 100° obtenu avec de l'eau à 100° et enfin par la densité de la vapeur à la pression à la fermeture. Ce poids avec les données admises ici représente 2,150 V ou en mesures métriques 35 000 V, si V est exprimé en mètres cubes.

Pour les machines à marchandises, on supposera une admission à 33 0/0 et 120 tours seulement par minute, ce qui donnera sensiblement la même valeur que précédemment, soit 35 000 V.

Jusqu'ici il n'a été fait aucune allusion à la nature du combustible employé. Nous devons actuellement serrer la question de plus près et introduire de nouvelles données sur ce point.

L'anthracite en gros morceaux vaporise 8 *kg* d'eau par kilogramme, brûlé à raison de 7,3 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 300 *kg* par mètre carré de surface de grille. En partant de ces chiffres on trouvera qu'avec du gros anthracite de Pensylvanie les surfaces de chauffe S et de grille G seront exprimées comme suit en fonction du volume des cylindres V tel qu'il est défini plus haut, soit $\frac{\pi d^2}{4} \times 2 l$.

$$S = \frac{35\,000}{8 \times 7{,}3} V = 600\ V.$$

$$G = \frac{35\,000}{8 \times 300} V = 14{,}6\ V.$$

Si on emploie comme combustible de l'anthracite de Pensylvanie menu qui vaporise 6,5 par kilogramme, brûlé à raison de 7,3 *kg* par mètre de surface de chauffe et de 170 *kg* par mètre carré de surface de grille, on a

$$S = \frac{35\,000}{6{,}5 \times 7{,}3} V = 740\ V.$$

$$G = \frac{35\,000}{6{,}5 \times 170} V = 32\ V.$$

Avec du charbon semi-bitumineux de Virginie vaporisant 9 par *kg* brûlé à raison de 4,87 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 320 *kg* par mètre carré de surface de grille, les formules sont :

$$S = \frac{35\,000}{9 \times 4{,}87} V = 800\ V.$$

$$G = \frac{35\,000}{9 \times 320} V = 12{,}2\ V.$$

Enfin avec du charbon bitumineux de l'Illinois vaporisant 7 par kilogramme et brûlé à raison de 7,3 *kg* par mètre carré de surface de chauffe et 440 *kg* par mètre carré de surface de grille, on a les relations.

$$S = \frac{35\,000}{7 \times 7{,}3} V = 685\ V.$$

$$G = \frac{35\,000}{7 \times 440} V = 11{,}3\ V.$$

Le tableau ci-joint donne ces volumes d'une manière et sous une forme plus commodes.

		Surface de chauffe.	Surface de grille.
Anthracite de Pensylvanie	gros	600 V	14,6 V.
	menu	740 V	32 V.
Charbon de Virginie		800 V	12,2 V.
Charbon de l'Illinois		685 V	11,3 V.

A la montée des fortes rampes, on pousse le feu de manière à porter le taux de la combustion au double ou même au triple du taux indiqué ci-dessus, en même temps qu'on porte l'introduction à 50, 60 et même 75 0/0 de la course, ce qui augmente considérablement l'effort exercé par la machine et le travail développé. Il y a naturellement une limite à l'activité de la combustion, cette limite paraît pouvoir être fixée à 950 *kg* par mètre carré de grille et par heure pour le charbon bitumineux. Pour l'anthracite cette limite n'a pas été constatée, mais elle est évidemment très inférieure au chiffre qui vient d'être indiqué.

Il ne faut pas perdre de vue que les valeurs qui viennent d'être données ne sont que des moyennes, elles n'ont rien d'absolu et correspondent, comme il a été dit, à certaines hypothèses; ainsi on peut faire varier notablement certains éléments et les résultats varieront également; par exemple la réduction de l'activité de la combustion amène une meilleure utilisation du combustible en vapeur et inversement, dans certaines limites.

Le point de départ adopté convient pour une combustion modérée et un fonctionnement économique.

Le mémoire dont nous nous occupons reproduit dans de nombreux tableaux les dimensions d'une quantité de locomotives américaines et étrangères; ces tableaux sont disposés sous forme graphique et les courbes indiquant les résultats du calcul pour les surfaces de chauffe et de grille y sont rapportées. Nous ne pouvons reproduire ces tableaux. Mais il nous paraît intéressant de montrer que le module de Le Chatelier, au sujet duquel nous avons fait des réserves au début de cette note, donne des résultats qui se rapprochent très sensiblement de ceux qu'on obtient avec les formules américaines dans le cas de l'emploi de l'anthracite, combustible qui se rapproche le plus du coke qui était exclusivement en usage à l'époque où Le Chatelier avait donné sa formule.

Nous prendrons pour type deux locomotives, l'une à cylindres de 0,42 *m* de diamètre et 0,60 *m* de course, l'autre à cylindres de 0,45 *m* de diamètre et 0,65 *m* de course. Ces deux types de machines ont été employés sur une échelle considérable en France et dans quelques pays voisins.

Le tableau ci-joint donne les surfaces de chauffe correspondant à ces cylindres calculées par la relation $\frac{S}{a^2 l} = 1$ et par la formule $S = 600\ V$ correspondant à l'anthracite de Pensylvanie. Nous rappelons que, dans cette formule, V est égal à $2\ \frac{\pi d^2}{4}\ l$ et exprimé en mètres cubes.

	Cyl. 0,42 × 0,60	Cyl. 0,45 × 0,65
Module Le Chatelier. . . .	105,8 m^2	131,3 m^2
Formule américaine	99,8 m^2	124,2 m^2

Ces chiffres correspondent à 5 ou 6 0/0 près, ce qu'on peut considérer comme satisfaisant pour des formules qui n'ont aucune prétention à l'exactitude rigoureuse.

Le rapport fait observer que la Commission a étendu ses investigations à la question du coke et de l'huile. On peut dire que, pour le coke, des foyers semblables à ceux employés pour le charbon bitumineux sont les plus convenables, la surface de chauffe doit avoir environ 60 fois la surface de la grille, mais le foyer doit être aussi profond que possible. Le coke ne brûle pas bien dans des foyers bas, il doit y avoir au moins 0,60 *m* de distance entre les rangées inférieures des tubes et la grille.

On peut brûler l'huile dans presque toutes les formes de foyers; la meilleure place pour le brûleur est au-dessous du cadre inférieur avec projection du liquide pulvérisé au-dessus. Dans de récents essais faits avec de l'huile, de 84° de densité, s'enflammant à 87° C, sur une chaudière ayant 2,5 m^2 de surface de grille et 193 m^2 de surface de chauffe, on a trouvé qu'en brûlant 190 *kg* d'huile par mètre carré de surface de grille et 2,2 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, on obtenait une vaporisation de 12,5 *kg* ramenée à 100° par kilogramme, d huile.

Le brûleur doit avoir 1/3 de pouce de largeur par pied cube de volume de cylindres, ce qui correspond à 8 *mm* pour 28 *l*, soit 286 *mm* par mètre cube de volume de cylindres calculé comme il a été indiqué précédemment; il en résulte que 1 pouce de largeur est suffisant pour 600 pieds carrés de surface de chauffe, soit 25 *mm* pour 55,8 m^2 et 45 *mm* pour 100 m^2.

Tout ce qui précède ne s'applique qu'aux locomotives ordinaires, il est facile de l'appliquer aux machines compound en partant de ce fait que ces dernières consomment 10 0/0 de moins en eau et 20 0/0 de moins en combustible. Pour calculer le poids de vapeur, on partira du volume du ou des cylindres à haute pression.

La Commission n'est point arrivée à trouver des indications satisfaisantes sur les productions relatives par mètre carré des surfaces de chauffe directe et tubulaire : les uns admettent un rapport de 2, d'autres vont jusqu'à 10. La surface directe est en général du dixième de la surface totale.

Le rapport de la longueur des tubes au diamètre extérieur est intéressant. La moyenne parait être de 70; on a trouvé, dans des expériences spéciales, que le rapport de 90 donnait le meilleur résultat. Dans la pratique américaine on tend actuellement à augmenter la longueur des tubes.

Conclusions. — L'étude qui vient d'être exposée a amené la Commission à formuler les conclusions suivantes :

Le rapport de la surface de grille en mètres carrés au volume total des cylindres exprimé en mètres cubes ne doit pas être inférieur à :

13,3 pour l'anthracite en gros morceaux.
30 — menu.
10 pour le charbon bitumineux.

ces rapports s'appliquent tant aux locomotives pour trains de voyageurs qu'à celles pour trains de marchandises.

Le rapport de la surface de chauffe en mètres carrés au volume total des cylindres en mètres cubes ne doit pas être inférieur à :

600 pour l'anthracite en gros morceaux.
665 — menu.
665 pour le charbon bitumineux.

ces chiffres s'appliquent à la fois aux machines à voyageurs et aux machines à marchandises.

Avec le coke et le combustible liquide, on peut conserver les proportion du charbon bitumineux.

Le rapport de la surface de chauffe directe à la surface totale doit être d'environ 1 à 10.

Le rapport de la longueur des lumières, en mètres, à la surface du piston en mètres carrés doit être, pour les locomotives à voyageurs, de 10 0/0 environ. On peut obtenir cette longueur de lumières par l'emploi de tiroirs à piston ou simplement du tiroir à canal qu'on peut considérer comme doublant effectivement la longueur des lumières (1). Dans les locomotives à marchandises dont le nombre de tours dans l'unité de temps est moindre, le rapport précédent 10 0/0 peut être ramené à 8 ou même 5 0/0.

La Commission insiste sur ce point, que les données et calculs contenus dans ce rapport ne doivent pas être pris au pied de la lettre, que les locomotives doivent toujours être calculées pour le travail qu'elles ont à faire et qu'il ne faut pas employer les formules ci-dessus sans discernement et pour n'importe quel cas.

Le rapport cite à ce sujet un exemple qui paraît très concluant de la différence que les conditions du tracé apportent dans l'importance du travail développé par les locomotives.

Une certaine ligne transcontinentale (dont le nom n'est pas donné) se compose de deux sections dont le maximum de déclivité est le même, mais dont la première présente un profil ondulé, formé d'une succession de rampes et de pentes d'assez faible longueur, tandis que la seconde se compose d'une inclinaison continue dont la valeur moyenne est de 2,2 0/00. Les locomotives sont les mêmes dans les deux sections.

Dans la première on utilise l'adhérence à sa limite sur la rampe maxima, mais le travail de la chaudière ne correspond qu'à un taux très inférieur ; en fait il ne dépasse guère celui qui correspond à la résistance du train en palier à la vitesse normale, l'influence de la gravité disparaissant à peu près complètement par la compensation des rampes

(1) Voir le travail de M. G. R. Henderson sur l'*Efficacité du tiroir Allen*, dans le *Bulletin* de novembre 1896, p. 705.

et des pentes et l'utilisation sur les premières de l'inertie acquise à la descente des secondes.

Dans la seconde section, au contraire, on n'a pas cette ressource, et la chaudière doit développer le travail entier nécessité par la remonte des rampes. Il en résulte que la chaudière, suffisant largement dans la première section, ne peut plus donner le travail maximum nécessaire dans la seconde section, et que la vitesse ne pouvant être réduite, pour certaines raisons, la charge doit être diminuée. La locomotive qui remorque un train de 35 véhicules dans un cas, n'en remorque plus que 25 dans l'autre. Aussi la Compagnie a-t-elle décidé de donner, à l'avenir, pour le même poids adhérent, des chaudières notablement plus puissantes aux locomotives devant desservir la section à déclivité continue.

On voit donc que si le poids adhérent doit être calculé pour l'effort de traction maximum, il n'en est plus de même de la chaudière qui, suivant les conditions du tracé, pourra avoir à développer un travail correspondant à cet effort entier ou seulement à une partie,

La vitesse sur les tramways. — A la dernière assemblée générale de l'Union Internationale Permanente de Tramways, tenue à Stockholm, M. H. Géron, directeur des tramways de Cologne, a donné un rapport sur la question de la vitesse de marche sur les tramways, rapport dont nous croyons utile de reproduire la partie la plus importante.

La question de la vitesse de marche la plus convenable pour les chemins de fer d'ordre inférieur et notamment les tramways, est une des plus discutées en cette matière. La solution rationnelle de cette question intéresse également les autorités, les voyageurs, les exploitants et, en outre, notamment en ce qui concerne les tramways, la circulation générale. La question est donc des plus importantes entre toutes, et constitue déjà depuis longtemps, pour les grands chemins de fer, l'objet d'une étude et d'amélioration continuelles.

Le progrès de l'industrie des transports reste intimement lié à l'augmentation de la vitesse; tel est le cas également pour les tramways qui servent au transport des voyageurs.

Des réponses à la question sont venues de Belgique, de France, d'Allemagne, d'Italie et d'Autriche, de sorte que les éléments fournis permettent de se rendre suffisamment compte de l'état de la question.

On subdivisera, au point de vue de la vitesse, les tramways en deux catégories, savoir : *les lignes suburbaines* exploitées principalement par la vapeur, et *les lignes urbaines* exploitées principalement par l'électricité et par chevaux. La vitesse de marche est plus grande pour les premières que pour les secondes.

Pour les lignes situées sur plate-forme indépendante, la vitesse de marche dépend presque exclusivement de considérations techniques et économiques.

L'augmentation de la vitesse nécessite un établissement et un armement plus parfaits et partant plus coûteux de la voie et du matériel roulant, ainsi que des dépenses d'exploitation et d'entretien plus considérables ; par contre, elle donne satisfaction aux désirs du public et a

pour conséquence une augmentation de recettes. Il est notoire que la proportion de ces facteurs a été et est encore depuis l'origine des chemins de fer en faveur de l'augmentation de la vitesse, et cela pour les chemins de fer d'ordre inférieur comme pour les grands chemins de fer.

La situation est notablement différente pour les tramways. Ici la vitesse de marche n'est pas uniquement une question technique et économique, mais elle dépend en outre de la circulation générale des rues, des obstacles que celle-ci crée, des dangers d'accidents et de toutes les particularités locales de cette circulation. Par suite, la question se présente, pour les chemins de fer sur routes, sous un tout autre aspect que pour les lignes établies sur plate-forme indépendante et la solution devient plus difficile.

On doit faire ici encore une autre distinction, savoir entre les tramways à traction mécanique et ceux à traction animale. Pour les premiers il est techniquement possible d'atteindre sans difficulté des vitesses de marche qui dépassent les limites imposées par les conditions locales, tandis que, pour les exploitations à traction animale, la nature même du moteur, c'est-à-dire du cheval, trace une limite qui ne permet pas de dépasser ni même d'atteindre la vitesse de marche que les conditions locales autorisent.

On exprimera, pour simplifier, la vitesse *en kilomètres à l'heure;* on appellera *vitesse commerciale* la vitesse obtenue en divisant la longueur du parcours par la durée du trajet, arrêts compris, et *vitesse maxima* la vitesse qui ne doit en aucun cas être dépassée.

En ce qui concerne la vitesse des tramways à vapeur, les renseignements fournis par l'Association italienne des tramways et par la Société Nationale des chemins de fer vicinaux paraissent mériter une attention toute spéciale.

On y trouve un résumé des prescriptions administratives, des résultats pratiques, ainsi que des opinions et des désirs qui se sont fait jour dans les exploitations des deux pays. Ces renseignements ont d'autant plus de poids que c'est dans ces deux contrées que se rencontrent les exploitations de tramways à vapeur les plus anciennes, les mieux organisées et proportionnellement les plus importantes d'Europe.

Association Italienne de Tramways — « Généralement les vitesses maxima prescrites par les autorités sont de 16, 18 et 20 *km* à l'heure. Ces vitesses sont réduites à 6, 8, 10 et 12 *km* dans les agglomérations et dans certains passages difficiles.

» Nous considérons qu'on peut sans aucun inconvénient porter la vitesse à 25 *km* quand on a à se préoccuper du charriage ordinaire, et à 30 *km* et plus quand la voie se trouve sur plate-forme indépendante.

» Tel est aussi l'avis des autorités, comme le démontre le projet de loi sur les Tramways à traction mécanique et les Chemins de fer économiques, approuvé le 15 février 1892 par la Chambre des députés et présenté au Sénat le 23 mars 1892, projet de loi qui ne fut pas voté par le Sénat à cause de la chute du Ministère.

» Voici les articles de ce projet de loi qui regardent la vitesse de marche :

» *Tramways à traction mécanique.* — Art. 7. La vitesse maxima absolue » des trains ne pourra dépasser en aucun point de la ligne 24 *km* à » l'heure.

» L'autorité préfectorale, entendus les fonctionnaires techniques gou- » vernementaux, prescrira les règles spéciales pour limiter la vitesse dans » les fortes descentes, les courbes ou les points dangereux, dans la tra- » versée des agglomérations et dans les heures de nuit, de façon à assu- » rer la sécurité des personnes et un prompt arrêt du train.

» *Chemins de fer économiques.* — Art. 36. Pour les chemins de fer » ou tronçons de chemins de fer établis sur routes ordinaires, le maxi- » mum de vitesse absolue des trains ne pourra dépasser 30 *km* à l'heure.

» Dans la traversée des agglomérations, aux passages à niveau et » sur les tronçons communs avec le charriage ordinaire, on appliquera » des mesures spéciales de sécurité avec les prescriptions indiquées pour » les tramways à traction mécanique. »

Société nationale des Chemins de fer Vicinaux. — « La vitesse ainsi définie varie entre 7 et 10 *km* à l'heure dans les agglomérations. Pour les autres parcours, la vitesse moyenne varie entre 14 et 17 *km* à l'heure.

» A moins d'autorisation spéciale à accorder par M. le ministre des Chemins de fer, Postes et Télégraphes, la vitesse des trains ne peut dépasser 30 *km* à l'heure hors des agglomérations bâties. Dans la traversée des villes, villages et hameaux, cette vitesse doit être réduite à 10 *km* à l'heure.

» Cette réduction est imposée par mesure de sécurité pour parer autant que possible aux dangers que peut occasionner la circulation des trains dans les rues.

» L'allure des trains doit également être ralentie en cas d'encombrement de la route ou toutes les fois que l'arrivée d'un train, effrayant les chevaux ou autres animaux, pourrait être la cause de désordres ou occasionner des accidents.

» Les maxima de vitesse de 10 et 30 *km* à l'heure dont il est question à l'article précédent ont été fixés par arrêté royal du 12 février 1893 approuvant le règlement de police relatif à l'exploitation des chemins de fer vicinaux.

» Nous considérons ces vitesses comme répondant à des conditions convenables et pratiques d'exploitation.

» Lors de la revision du règlement de police antérieur à celui du 12 février 1893, nous avons été consultés sur les prescriptions insérées dans ce règlement, et nous n'avons cru devoir présenter aucune observation relativement à la vitesse.

» Il serait dangereux, à notre avis, de donner à des trains traversant des agglomérations ou suivant les grandes routes, une vitesse plus grande. »

On trouve, en outre, dans les réponses des Tramways à vapeur de Bologne-Pièvedi Conto et Bologne-Malalbergo, que la vitesse commerciale de leurs trains atteint 18 *km* à l'heure, mais que l'administration

désirerait porter cette vitesse à 22 et 24 *km*, sans avoir réussi jusqu'à présent à obtenir les autorisations nécessaires.

Aux Tramways à vapeur de la province de Florence, la vitesse maxima autorisée est de 18 kilomètres, correspondant, selon la circonstance, à une vitesse commerciale de 10 à 14 *km*. Comme la Société précédente, celle-ci considère cette vitesse comme trop faible.

A la Société des Tramways interprovinciaux Milan-Bergame-Cremone, les autorités prescrivent, selon les lignes, une vitesse maxima de 18 à 20 *km* sur les routes, correspondant à une vitesse commerciale de 13 à 17,4 *km*. Dans les agglomérations, les trains ne peuvent marcher qu'à 6 *km* à l'heure, sauf dans quelques avenues très larges où une vitesse de 10 à 12 *km* est autorisée. La Société est d'avis qu'une vitesse maxima de 25 *km* à l'heure serait plus convenable que la vitesse autorisée de 18 à 20 *km*.

La Société des Tramways et Chemins de fer Économiques Rome-Milan-Bologne et la Société des Tramways à vapeur de la province de Turin sont autorisées à marcher à 20 *km* à l'heure, ce qui correspond à une vitesse commerciale de 16 *km*.

Toutes les réponses des Tramways italiens montrent le désir pressant de pouvoir augmenter la vitesse maxima actuellement autorisée, en faisant valoir que par là le trafic, sans présenter plus de dangers, ne peut que gagner.

Pour la Société Allemande des Tramways de Crefeld-Uerdingen, les vitesses maxima fixées par les autorités sont de 12 *km* sur les routes bâties et de 20 *km* en dehors des agglomérations. En fait, la vitesse de marche commerciale effective n'atteint que 12 à 13 *km*, par suite des nombreux arrêts et des ralentissements nécessaires en beaucoup de points des lignes. Peu de temps après l'ouverture de cette ligne à l'exploitation, il s'est produit quelques accidents à la suite desquels les autorités réduisirent la vitesse maxima à 10 et 15 *km*, pour la relever, toutefois, dans la suite à 12 et 20 *km* comme précédemment.

(A suivre).

Les rayons Rœntgen et l'électricité. — La 8e réunion de la Société helvétique des sciences naturelles, qui a eu lieu à Engelberg, au mois de septembre de cette année, a été remplie par un certain nombre de communications dont une des plus intéressantes a été celle que M. le professeur H. Dufour a faite sur certains effets des rayons Rœntgen. Le *Journal de Genève* a donné, de cette communication, un résumé très remarquable, signé R. P., initiales qui cachent fort imparfaitement le nom d'une éminente personnalité scientifique, que nous sommes heureux de compter au nombre des membres de notre Société.

Nous reproduisons ci-après ce résumé :

« Tout le monde, depuis deux ans, a entendu parler des fameux rayons X, dits rayons de Rœntgen, du nom du célèbre professeur allemand qui les a découverts et décrits pour la première fois.

» Qu'est-ce que les rayons X? Comment les produit-on, quelles sont les propriétés caractéristiques qui les distinguent des rayons cathodiques, les parents immédiats des rayons X?

» Ce sujet a pris, en quelques mois un développement tel que les hôpitaux et les cliniques sont déjà tous pourvus d'installations spéciales pour la recherche des corps étrangers pénétrant dans l'organisme, et la détermination des fractures dont on peut apprécier plus exactement la gravité. On voit, en effet, les esquilles d'os, une balle, une aiguille même avec une précision parfaite.

» M. le professeur H. Dufour, aussi habile expérimentateur que charmant causeur, nous a montré combien les erreurs courent encore le monde scientifique sur cette question troublante. Il a fait une série de recherches expérimentales, qui démontrent jusqu'à l'évidence un fait des plus importants en électricité, fait qui, à mon avis, est le point de départ pour l'étude du passage de l'électricité au travers de tous les corps conducteurs ou des diélectriques, c'est-à-dire de ceux qui sont réputés très mauvais conducteurs. Voici l'expérience :

» On sait qu'un corps maintenu dans l'air sec, et fortement électrisé, reste dans cet état assez longtemps, ne perdant sa charge électrique que lentement. Vient-on à laisser tomber sur ce corps électrisé les rayons X, on constate qu'en quelques secondes il perd toute son électricité en se déchargeant, comme par une fuite large et subite, de ses fluides. L'air est brusquement devenu conducteur et a déchargé totalement le corps.

» On prétendait que les diélectriques solides, comme l'ébonite, la paraffine, le verre, le brai (résidu solide de distillations de pétrole), restaient mauvais conducteurs, même sous l'effluve des rayons X. Une foule d'auteurs, en France et en Allemagne, soutenaient cette thèse, appuyée sur des observations peu rigoureuses. M. Dufour a imaginé une méthode des plus simples, mais très ingénieuse, et surtout péremptoire. Il prend une feuille de métal, mise en communication directe avec un électromètre. Cette feuille est totalement englobée dans un massif de paraffine qui l'entoure de toute part sans aucune fissure. La paraffine est un des corps les plus isolants connus, ce qui fait qu'en chargeant la plaque métallique d'électricité, on constate une déperdition presque nulle, bien inférieure même à ce qu'elle serait à l'air sec.

» Laisse-t-on maintenant arriver les rayons X sur la masse, immédiatement l'électricité s'échappe et la plaque se décharge.

» La chute est cependant moins rapide que dans l'air sec, lorsque la plaque n'est pas protégée. Si l'on emploie une fine plaque d'aluminium, métal qui a la propriété bizarre de ne pas retenir les rayons X, mais de se laisser traverser par eux comme une vitre qui est transparente par la lumière, on remarque alors que les rayons qui pénètrent à travers la paraffine peuvent traverser la plaque métallique centrale, continuer leur chemin au travers de la couche de paraffine qui se trouve derrière, puis s'échapper dans l'air de l'autre côté. Dans ces conditions, la chute du potentiel électrique, ou de la charge, est presque deux fois plus rapide, les rayons influençant la déperdition des deux côtés.

» En remplaçant la paraffine par des lames de verre épaisses, par du bois, du liège, du caoutchouc, de l'ébonite. etc., etc., on obtient, d'une façon constante, des effets analogues. Voilà donc des corps qui ne sauraient conduire l'électricité, même sous des tensions fabuleuses, qui se

laissent traverser instantanément sous la mystérieuse influence des rayons X. En les traversant, ils ne sont presque pas absorbés; donc ils n'abandonnent qu'une très petite portion de leur énergie.

» Quel problème extraordinairement intéressant que la recherche des modifications moléculaires de corps qui, à certains moments, sont comparables à une cuirasse de navire blindé, et qui tout à coup deviennent comme du beurre au passage des balles!

» Si les rayons X étaient abondants dans la nature, il faudrait renoncer totalement à l'isolement des fils transportant l'énergie électrique, il n'y aurait plus que des courts circuits, et les applications industrielles de l'électricité deviendraient une chimère. On peut voir ainsi de suite le danger de se servir des rayons X sans discernement, car, en maniant les courants à haute tension dans les laboratoires, un fil parfaitement isolé peut tout à coup devenir un conducteur mortel pour celui qui le tient, s'il le faisait passer dans le champ des rayons X.

» M. H. Dufour a multiplié les diverses formes sous lesquelles ces propriétés fondamentales des rayons X sont mises en relief. Nous pouvons considérer ces recherches comme une des plus importantes contributions à l'étude et à la connaissance des phénomènes électriques. »

Le pétrole à Bakou. — Au cours d'un article sur l'histoire de l'éclairage artificiel contenu dans la Chronique d'août dernier, il est question, page 317, des sources d'huile qui coulent de toute antiquité aux environs de la mer Caspienne. Le hasard nous a fait rencontrer un volume des *Transactions philosophiques de la Société Royale de Londres* dans lequel on trouve un mémoire intitulé : *Détails sur le feu perpétuel en Perse,* par James Mounsey, médecin de l'armée russe, et lu à la Société le 27 avril 1748. On y trouve des détails intéressants sur l'utilisation du pétrole à divers usages dès cette époque.

Le feu perpétuel que les Guèbres adorent sort de terre, dans la presqu'île d'Abschéron, à environ 20 milles de Bakou et à 3 milles de la mer Caspienne. Le sol est plein de rochers, mais avec une légère couche de terre par-dessus. Si on râcle un peu de la surface et qu'on applique le feu au creux, la flamme se manifeste sur-le-champ; elle brûle sans interruption et presque sans consomption, car elle ne s'éteint pas, à moins qu'on ne jette par-dessus de la terre qui l'étouffe aisément.

Il y a un espace de terrain, d'environ 2 milles d'étendue, qui a cette propriété merveilleuse, et on y a construit un caravansérail autour duquel, en bien des endroits, la terre brûle continuellement. Mais l'endroit le plus remarquable est un trou d'environ 4 pieds de profondeur et de 14 pieds de diamètre. Dans ce caravansérail vivent douze prêtres indiens et d'autres dévots adorateurs du feu qui, suivant leurs traditions, brûle depuis des milliers d'années. C'est un bâtiment voûté, très ancien, dont les murs ont un grand nombre de crevasses, auxquelles on n'a qu'à appliquer une lumière pour exciter une flamme qui se répand à l'instant partout où les fentes s'étendent, mais on l'éteint aisément. Ils ont dans la maison des endroits creux adaptés à leurs pots qui y bouillent, sans qu'il soit besoin d'aucun chauffage et, au lieu de flambeaux, ils enfoncent des roseaux creux dans le terrain et, dès qu'on approche une lumière

de l'orifice supérieur, il s'y forme une flamme blanche qui continue de brûler sans consumer le roseau, jusqu'à ce qu'on juge à propos de l'éteindre en le couvrant d'un petit éteignoir fait exprès.

Pour réduire en chaux les pierres calcaires qu'on tire des environs, on fait un creux dans lequel on entasse les pierres. Ensuite on approche une lumière du creux; la flamme paraît aussitôt et se répand avec un grand bruit à travers la masse des pierres et, après qu'elle a continué à brûler pendant trois jours, la chaux est faite, mais les pierres dont on se sert pour supporter les pots ne se calcinent jamais, à moins qu'elles ne soient en tas. La terre et la pierre ne s'échauffent pas au delà de l'endroit où atteint le feu et, ce qui paraît remarquable, cette flamme ne donne jamais ni fumée ni odeur, quelque grande qu'elle puisse être.

A environ un mille et demi de cet endroit, il y a des sources de naphte blanc qui est extrêmement inflammable.

La terre et les pierres sont de couleur grise et ont une saveur saumâtre. On trouve, en effet, beaucoup de sel dans la presqu'île d'Abschéron. Il y a aussi un lac salé près des bords duquel le naphte coule de cinq différentes sources; on ne se sert de ce naphte que pour des usages médicinaux. Il est naturellement jaunâtre, mais, lorsqu'on le passe à la distillation, il ressemble à l'esprit-de-vin; on le donne à l'intérieur pour les maladies de poitrine et quelques autres, et on l'applique extérieurement dans la goutte, les contractions et les crampes.

Le naphte noir est produit à 8 ou 9 milles du feu perpétuel. Il est épais et, lorsqu'on le distille, il ne s'éclaircit pas tout à fait, mais il conserve une couleur jaune.

Aux environs de Bakou, il y en a de si épais qu'on s'en sert pour graisser les roues. Mais le meilleur et le plus abondant est à Bachlame, où il y a plus de cinquante sources, dont la plus grande en produit par jour cinquante *batmans* (le batman contient six livres russes qui sont un peu inférieures aux livres anglaises). La source fait un bruit considérable en sortant de terre, bien qu'elle soit à vingt brasses de profondeur.

On n'a guère d'autre chauffage à Bakou que le naphte, mais on est obligé de le mêler avec de la terre et de la cendre pour le rendre propre à cet usage. Le feu qu'il produit n'est bon qu'à faire bouillir les aliments, et il a cet inconvénient que tout ce qu'on fait cuire de cette manière a le goût et l'odeur de naphte; on se sert de diverses plantes ligneuses (faute de bois) pour faire cuire ce qui ne doit pas être bouilli, mais le feu dont on se sert le plus est celui qu'on fait avec le naphte.

Force motrice à bon marché. — Notre éminent collègue, le professeur Thurston, a donné, dans le journal *Science* du 1er octobre dernier, un rapport d'après lequel le plus bas prix connu de la force motrice par la vapeur aurait été réalisé à la filature de coton de Warren, à Providence R. I. (États-Unis).

Cette filature est actionnée par une machine compound provenant des ateliers Allis, à Milwaukee; les cylindres ont 0,813 et 1,728 *m* de diamètre, avec 1,525 de course; à 74 tours par minute, la puissance développée atteint 1 950 *ch*. La pression de la vapeur est de 11 *kg* par centimètre carré. La vapeur est produite dans des chaudières à tubes d'eau

de Heine. On dépense par cheval 0,61 *kg* de charbon coûtant 2,26 dollars la tonne, ce qui représente à peu près 13 *f* la tonne de 1 000 *kg*.

Voici comment s'établit le coût de la force motrice pour l'année :

Combustible par cheval et par année de 3 070 heures	24,33*f*
Main-d'œuvre.	9,77
Fournitures et réparations	2,19
TOTAL DES DÉPENSES DE SERVICE . .	36,29*f*
Intérêt à 5 0/0 sur 213,20 *f*.	10,66
Dépréciation à 5 0/0 sur 213,20 *f*	10,66
Impôts.	2,13
Assurance	0,21
TOTAL DES DÉPENSES FIXES	23,66*f*
TOTAL GÉNÉRAL.	59,95*f*

Soit 60 *f* en nombre rond pour 3 070 heures de marche, ce qui donne sensiblement 0,02 *f* par cheval-heure, dont 0,008 *f* pour le combustible.

M. Thurston fait observer que la dépense de combustible couvre tout, allumage, arrêts pendant la nuit et les dimanches, etc.

La machine dont il s'agit remplace un moteur à quadruple expansion détruit par un incendie après sept mois de service. On a trouvé que la réduction de la dépense de combustible qu'on réalise avec ce moteur est plus que compensée par le coût plus élevé d'établissement lorsque la machine ne fonctionne que 10 heures par jour, et que le combustible ne coûte que 13 *f* par tonne.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Aout 1897.

Notice nécrologique sur **M. Paul Schutzenberger,** par M. Troost.

Rapport de M. Violle sur **la lampe à acétylène**, de M. Gossart.

L'inventeur présente un gazogène et une lampe à acétylène. Ce qui distingue le premier est la manière dont l'eau est amenée au contact du carbure de calcium. Cette eau arrive par des tubes capillaires qui en règlent automatiquement le débit, de sorte que la production du gaz est liée à la dépense.

La lampe repose sur le même principe. Le carbure est placé dans un panier logé dans le pied de la lampe. L'eau arrive par gouttes, de sorte que l'échauffement et la pression sont très faibles. Cet appareil semble devoir donner de bons résultats et parait propre à répandre l'usage de l'acétylène contre lequel se produit en ce moment une réaction exagérée.

Rapport de M. Sauvage sur **le système de distribution** de M. P. Guédon.

Ce système est applicable aux tiroirs cylindriques. Il consiste essentiellement à tracer les bords qui correspondent à l'échappement suivant des hélices parallèles au lieu de cercles normaux à l'axe de la tige, de sorte que, si on fait tourner le tiroir autour de cet axe, on déplace à la fois les deux bords d'échappement par rapport à leur position normale. Le but de cette disposition est de retarder le début des phases de compression et d'échappement anticipé.

La rotation de la tige est déterminée par une bielle avec articulations sphériques aux extrémités reliant un petit levier calé sur la tige du tiroir au levier d'avance de la distribution Walschaert.

Cette disposition, due à un de nos collègues, est simple et ingénieuse, et doit produire une certaine amélioration de la distribution.

Rapport de M. E. Diligeon sur un système d'**étau à serrage différentiel complémentaire**, de M. L. Simon.

Le perfectionnement dont il s'agit ici a pour but de remédier à l'inconvénient suivant qui se rencontre sur les étaux en usage dans l'industrie : si on augmente la force du filet en même temps que les dimensions de l'étau, on arrive à cette anomalie que plus l'étau est robuste, plus son serrage est faible.

La disposition de M. Simon consiste en un organe spécial que l'inventeur nomme écrou différentiel à butée comportant un plan incliné d'un pas plus faible que celui du filetage de la vis. L'écrou différentiel peut être entrainé ou non. S'il est entrainé, le serrage de l'étau a lieu

à la manière ordinaire; si, au contraire, l'écrou différentiel reste immobile, le rapprochement des mors a lieu en raison de la différence du pas de la vis et de celui du plan incliné, on peut obtenir un serrage triple pour le même effort moteur. Le dispositif pour entrainer ou non l'écrou différentiel est extrêmement simple, il consiste en une saillie ou butée que porte cet écrou et qui peut être entrainée ou non par la saillie de la manivelle de l'étau.

Rapport de M. E. Diligeon sur un système de **scie mobile sur coulisseaux cylindriques** pour couper les métaux à chaud, de M. I. Vinsonneau.

Cette scie est destinée à fractionner les barres chaudes sortant du laminoir. Un fort bâti porte deux coulisseaux cylindriques en acier sur lesquels glissent les paliers de l'arbre de la scie circulaire. Un piston hydranlique à double effet fait avancer et reculer la scie; celle-ci est actionnée par des courroies reliées à une transmission supérieure.

Une scie de 1,20 *m* de diamètre, avec 0,60 *m* de course peut servir pour fractionner des fers à double T de 400 *mm* de hauteur.

Les transports par câbles aériens, par M. Thierry, professeur à l'École nationale forestière de Nancy.

Ce travail, très intéressant, étudie l'emploi des câbles transporteurs aériens qui ont reçu de nombreuses applications, surtout à l'étranger.

Comme l'auteur doit traiter très prochainement cette question devant notre Société, il nous paraît superflu d'analyser ici cette communication.

Les eaux de Rome. — Sources. — Aqueducs. — Fontaines, par M. Ronna.

Cette importante étude passe en revue les ouvrages qui amenaient et distribuaient les eaux dans l'ancienne Rome. Cette capitale du monde était si magnifiquement munie qu'on a calculé qu'un conduit unique qui aurait remplacé ses diverses sources aurait dû avoir 10 *m* de largeur sur 2 *m* de profondeur avec la vitesse moyenne de la Seine, représentant par conséquent une voie navigable importante.

Le volume débité par les neuf aqueducs atteignait bien près de un million de mètres cubes par 24 heures pour une population dont il est très difficile de connaitre le chiffre exact, mais qu'on peut supposer raisonnablement varier entre un million et 1 200 000 habitants.

A l'heure actuelle l'alimentation de Rome, assurée par quatre aqueducs, est encore de 233 000 m^3 par 24 heures ce qui représente 1 400 *l* par jour et par habitant, chiffre qui dépasse notablement la proportion des grandes villes américaines et laisse bien loin celle des capitales européennes.

Revue des **améliorations apportées à la production agricole** pendant l'année 1895-96, par M. Schribaux, professeur à l'Institut national agronomique.

Les diverses questions traitées dans cette revue sont : les engrais verts et la nitragine (cultures pures de bactéries des légumineuses), les la-

bours exécutés dans les prairies, la valeur boulangère des grains et des farines, l'appréciation des dommages que les émanations des établissements industriels causent à la production végétale. Sur ce dernier point, qui a une grande importance, l'examen des feuilles fournit d'utiles indications, et la comparaison des cendres des échantillons sains et des échantillons malades permet d'apprécier à quelles causes on peut attribuer les altérations existant dans la végétation voisine d'établissements industriels.

Sur la **fixation et la nitrification de l'azote** dans les terres arables, par M. P.-P. Dehérain *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Recherches sur **l'état où se trouvent, dans les fontes et aciers, les éléments autres que le carbone**, par MM. Ad. Carnot et Goutal *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Analyse de l'aluminium et de ses alliages par M. H. Moissan *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Notes de mécanique. — Nous signalerons dans ces notes la description de la distribution Corliss-Bjornstadt, celle de la turbine Davidson, du frein dynamométrique autorégulateur de Kotournisky, du transbordeur-mouleur de fonderie Laughlin, du concasseur à mâchoires Gater et Carman, une note de M. Lecornu sur le tracé pratique des engrenages, le gouvernail à vapeur de Brown et les moteurs à gaz de Dick-Kerr et Burt.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e trimestre de 1897

Notice sur **les travaux de l'aqueduc et du parc agricole d'Achères**, par MM. Bechmann et Launay, Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées.

L'aqueduc et le parc agricole d'Achères sont en exploitation depuis le 7 juillet 1895. L'aqueduc est le premier tronçon de l'émissaire général qui doit emmener les eaux d'égout de Paris jusqu'aux environs de Mantes ; ce premier tronçon est compris entre Clichy et Herblay et complété par la branche latérale spéciale aux terrains d'Achères.

L'émissaire général a 14 490 *m* de l'usine de Clichy à la branche d'Achères, laquelle mesure 1 226 *m*. La plus grande partie, 11 164 *m*, est un aqueduc libre de forme circulaire avec 3 *m* de diamètre ; le reste est en conduites forcées de 2,30 *m* de diamètre intérieur. La branche d'Achères se compose de deux conduites forcées de 1 *m* de diamètre.

La note contient des détails très complets sur l'usine de Clichy comprenant des turbines à axe vertical actionnées directement par des moteurs à vapeur Farcot, dont la disposition générale rappelle celle des

pompes du Katatbeh, décrites il y a quelques années dans les mémoires de notre Société, l'usine de Colombes, qui reprend les eaux amenées par l'aqueduc libre et les élève de la cote 26,25 à la cote 60,10, les deux traversées de la Seine, l'une par le siphon de Clichy, l'autre par le pont-aqueduc d'Argenteuil, et les autres parties accessoires de ce grand travail.

Le parc agricole d'Achères mesure 1 000 *ha* en nombre rond, pouvant recevoir un épandage de 40 millions de mètres cubes. Ce chiffre ne sera pas atteint de suite, mais le total de 1896 a été de 16 millions de mètres cubes.

La dépense totale s'est élevée à 14,6 millions de francs, dont les principaux éléments sont : 3 millions pour les usines, 1,1 pour le siphon de Clichy, 1,9 pour le pont-aqueduc d'Argenteuil, 3,5 pour l'aqueduc, 1 pour les conduites, 1 pour les acquisitions de terrains du parc, 1,2 pour les canalisations de ce même parc, etc.

Si, disent les auteurs du mémoire, le résultat hygiénique de l'opération s'annonce déjà comme une éclatante confirmation des prévisions de ses promoteurs, on peut dire qu'au point de vue technique, elle a été couronnée d'un succès complet.

Notice sur **le halage funiculaire des bateaux** sur le canal de l'Aisne à la Marne, par M. Bourgain, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce halage funiculaire, établi d'après le système de M. Maurice Levy, fonctionne dans le souterrain du Mont-de-Billy à 20 *km* de Reims.

La longueur de ce souterrain est de 2 300 *m*. Le câble est actionné par une usine contenant 2 locomobiles de 15 *ch* chacune; ces moteurs sont provisoires et vont être remplacés par une machine fixe à condensation de 40 *ch*.

La vitesse de marche est de 0,30 *m* à 0,35 *m* par seconde. L'exploitation se fait par passages alternatifs, deux chaque jour, dans chaque sens; chaque passage comprend une série de convois de deux bateaux. En 1896, il a passé 5 208 bateaux d'un tonnage total de 1 285 000 tonnes. Les dépenses de construction se sont élevées en nombre rond à 120 000 *f*, dont 40 000 *f* pour l'usine, 52 000 *f* pour le câble et ses supports et poulies et le reste pour des accessoires divers. Les dépenses d'exploitation ont été de 12 600 *f* en 1896, dont 6 800 *f* pour le personnel, 2 400 *f* pour le combustible. On peut évaluer les recettes annuelles à 26 500 *f*, ce qui est suffisant pour couvrir les frais d'entretien et l'amortissement.

Note sur un système de vannes étudié par M. Baudisson, conducteur principal des Ponts et Chaussées, par M. Claise, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On a éprouvé de grandes difficultés à maintenir à la retenue réglementaire les barrages à aiguilles de la Meuse ardennaise, tant par suite de l'existence des barrages-déversoirs des usines que par suite des manœuvres des barrages à aiguilles successifs.

On a cherché à remédier à cette situation très dangereuse pour la navigation par l'installation de vannes sur les fermettes actuelles, d'après

un dispositif imaginé par M. Baudisson. Ces vannes, appliquées sur un certain nombre des fermettes actuelles, peuvent être manœuvrées par un seul homme, et l'on peut opérer rapidement dans le rideau des vannes une trouée suffisante pour permettre, concurremment avec les pertuis à aiguilles conservés, l'écoulement du premier flot d'une crue subite.

Il suffit d'indiquer le principe de ces appareils, dont la manœuvre est très facile et qui présentent l'avantage très appréciable sur nos rivières à faible débit d'étiage, d'être absolument étanches. Auparavant, on était obligé d'avoir recours à des moyens artificiels, tels que l'emploi du tan pour étancher une grande partie du rideau d'aiguilles dans certaines portions de rivières.

(A suivre.)

ANNALES DES MINES

8e livraison de 1897.

Contribution à l'étude des gîtes métallifères, par M. L. de Launay, Ingénieur des Mines, professeur à l'École supérieure des Mines.

L'objet de cet important mémoire est d'exposer un certain nombre d'idées théoriques relatives à la constitution et à la classification des gîtes métallifères, idées suggérées à l'auteur depuis plusieurs années par l'observation, l'étude et la comparaison d'un très grand nombre de ces gisements.

Le mémoire se divise en trois parties; la première se rapporte à l'importance des gîtes d'inclusion et de ségrégation dans une classification des gîtes métallifères, la seconde au rôle des phénomènes d'attraction superficielle et de remise en mouvement dans la constitution de ces gisements, et enfin la troisième constitue l'application des idées précédentes à quelques métaux, parmi lesquels les métaux précieux. D'après l'auteur, les exemples bien clairs sont assez nombreux pour appuyer les conclusions émises par lui, et il pense que les autres pourront servir à appeler l'attention des observateurs sur quelques points à résoudre.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Août 1897.

District du Sud-Est.

Séance du 27 juin 1897.

Communication de M. Badin sur **le parachute Laporte.**

Ce parachute, dû à M. Laporte, chef de service à la Société des Mines

de Malfidano, est applicable aux puits à guidage métallique. Son principe repose sur l'emploi de taquets mis en mouvement par la rupture du câble lorsqu'elle se produit, taquets qui viennent s'appuyer contre les moises du guidage. Seulement, afin d'éviter le choc brusque des taquets contre les moises, l'inventeur a ajouté un système de griffes mises aussi en jeu lors de la rupture du câble et qui, par leur frottement sur les guides, amortissent la chute de la cage. Cette disposition est simple et paraît devoir donner de bons résultats.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de juillet-août 1897.

Le moteur électrique et son application à la machine-outil, par M. H. Lonchampt.

Après avoir rappelé les origines des moteurs électriques, l'auteur expose que, dès 1892, pour arriver à la commande par l'électricité des machines-outils, la Société alsacienne de construction mécanique fit exécuter dans son usine de Grafenstaden une série d'essais dans le but de trouver le meilleur dispositif pour obtenir une variation de vitesse pour la transmission du mouvement avec un coefficient de rendement maximum.

On a essayé trois genres de transmission : 1° transmission par galet et disque de friction ; 2° transmission par friction avec des disques Sellers, et 3° transmission par courroies avec section trapézoïdale, dites courroies à coin.

Le premier système a donné lieu à des difficultés par suite de l'échauffement des disques, mais on peut conclure des essais que son emploi est admissible pour la transmission d'efforts continus correspondant à un travail qui ne dépasse pas 2 *ch.*

Le second système a un rendement un peu plus faible que le premier, mais, avec une bonne construction, une bonne trempe et un bon graissage, il peut être employé pour la transmission de faibles efforts avec des vitesses ne dépassant pas 1 000 tours par minute.

Enfin les courroies à coin paraissent avoir donné les meilleurs résultats. Leur avantage est principalement dans la réduction de largeur des poulies et dans la diminution des résistances passives ou réciproquement l'augmentation du rendement.

Ces essais ont été confirmés par les résultats d'essais officiels faits dans les ateliers de Carlsruhe des chemins de fer de l'Etat de Bade où 10 tours à roues sont commandés électriquement avec emploi de courroies à coin pour les variations de vitesse. Une station centrale produit le courant pour l'éclairage et le transport de la force nécessaire aux ateliers.

Observations météorologiques faites à la Société industrielle et à ses diverses stations pendant l'année 1896, par M. Ad. Sack.

L'appréciation sous le rapport météorologique de l'année 1896 peut se résumer par la phrase qui commence le rapport : « L'impression générale de l'année 1896 est, sous tous les rapports, déplorable ». La température a été, presque tous les mois de l'année, inférieure à la moyenne générale, et la quantité d'eau a été considérable.

Essai des indigos, par M. Albert Brylinski.

Le but de ce travail est de comparer les méthodes employées pour l'essai des indigos, et de rechercher celle qui convient le mieux aux besoins de l'industrie, au point de vue de la rapidité et de l'exactitude. L'auteur conclut en faveur de la méthode par réduction de M. G. Engel, basée sur l'emploi d'une solution de sulfate de vanadyle.

Nouveaux modes de transformation des paranitrodiaminotriphénylméthanes en fuchsines ou en bases des fuchsines correspondantes, par M. Maurice Prud'homme.

Procédé d'enlevage blanc et rouge de paranitraniline sur bleu indigo, note de M. C. Kurz et rapport de M. H. Grosheintz.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 31. — *31 juillet 1897.*

L'institut électrotechnique de l'école technique supérieure de Stuttgart, par W. Dietrich.

Machines-outils à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1897, par H. Fischer *(suite)*.

Machines soufflantes horizontales pour hauts fourneaux, construites par Ehrhardt et Sehmer, à Schteifmühle.

Appréciation de l'intensité de la fumée d'après la coloration, par P. Fritzsche.

Machine à fraiser les longerons de locomotives de Collet et Engelhard, par H. Fischer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Installations municipales d'électricité de Nuremberg. — Éclairage électrique des voitures de chemins de fer.

Variétés. — Congrès international des Ingénieurs des constructions navales.

N° 32. — *7 août 1897.*

Installations mécaniques des ports de La Plata, par Fr. Krükenberg.

Moteurs et appareils accessoires pour appareils de levage mus par l'électricité, par F. Niethammer.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Vaporisateur rapide de Junker.

Bibliographie. — Machines électriques à courant continu, par Fischer-Hinnen.

N° 33. — *14 août 1897.*

L'électrotechnique, par F. Uppenborn.

Expériences sur les transmissions hélicoïdales, leur calcul et leur fonctionnement, par R. Stribeck.

Élasticité de flexion des corps de résistances différentes, par R. Latowsky.

Groupe de Würtemberg. — Nouvel épurateur d'eau d'alimentation. — Dégraissage des eaux de condensaation.

Correspondance. — Moteur thermique rationnel de Diesel.

N° 34. — *21 août 1897.*

Les turbines de Ganz et C^ie^ à l'Exposition du Millénaire, à Budapest, en 1896.

Expériences sur les transmissions hélicoïdales, leur calcul et leur fonctionnement, par R. Stribeck *(fin)*.

Calcul des moments de résistance des fers profilés, par L. Gensen.

Démarrage des machines d'extraction aux diverses positions des manivelles, par K. Grögler et A. Ulbrich.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Distribution Corliss à changement de marche.

Bibliographie. — Éléments des machines, par C. Bach.

N° 35. — *28 août 1897.*

Otto H. Mueller, sa vie et son influence sur la construction des machines, par Otto H. Mueller junior.

Machines-outils à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1896, par H. Fischer *(suite)*.

Les efforts d'inertie dans les machines à vapeur et leur régularisation par l'emploi de plusieurs manivelles, par H. Lorenz.

Le service des phares en France.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Les constructions incombustibles et l'emploi du fer. — Installation de fours à coke à Zeche-Nothberg.

Variétés. — Les écoles techniques supérieures de l'Empire d'Allemagne pendant le semestre d'été de 1897.

N° 36. — *4 septembre 1897.*

Manœuvre hydraulique du pont tournant du nouveau port de Lubeck, par F. Krukenberg.

Chemin de fer électrique Meckenbeuren-Tettnang.

Les efforts d'inertie dans les machines à vapeur et leur régularisation par l'emploi de plusieurs manivelles, par H. Lorenz *(fin)*.

Machines-outils à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1896, par H. Fischer *(suite)*.

Calcul de la résistance des brides de tuyaux, par M. Westphal.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 20820-11-97. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1897

N° 11.

Sommaire des séances du mois de novembre 1897 :

1° *Décès* de MM. P.-F. Arbey, L.-F. Dumont, J.-E. Lowe, Ch.-J. Reynaud, P. Rossigneux, E.-M. Durand, A. Goldenberg, A. Lévêque, F. Mollet-Fontaine, J.-F. Lafargue (Séances des 5 et 19 novembre) pages 534 et 550;

2° *Décorations et nominations* (Séances des 5 et 19 novembre) pages 534 et 550;

3° *Exposition de 1900* (Liste des comités d'admission à l') (Séances des 5 et 19 novembre) pages 535, 545 et 549;

4° *Exposition de Bruxelles* (Liste des exposants récompensés à l') (Séances des 5 et 19 novembre) pages 535, 543 et 549;

5° *Économie sociale* (Ouverture le 8 novembre, de la session 1897-1898 de la Société internationale des Études pratiques d') (Séance du 5 novembre) page 535;

6° *École spéciale d'architecture, le 10 novembre* (Ouverture de l') (Séance du 5 novembre) page 535;

7° *Concours pour un projet de palais du Pouvoir législatif fédéral, au Mexique* (Clôture au 30 novembre 1897 du) (Séance du 5 novembre) page 535;

8° *Don volontaire de 50 f à la Société*, par M. Squilbin (Séance du 5 novembre) page 535;

9° *Utilisation des puissances naturelles : transport à grande distance et distribution de l'énergie électrique*, par MM. G. Dumont et G. Baignères. (Séance du 5 novembre) page 535.

10° *Compte rendu de la fête du cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège*, par M. S. Périssé (Séance du 5 novembre) page 536;

11° *Nouveau transformateur électrique à haute tension*, par M. O. de Rochefort-Luçay (Séances des 5 et 19 novembre) pages 538 et 549;

12° *Les voitures automobiles sur routes présentées au Concours de l'Automobile Club de France « Les Poids Lourds »*, par M. L. Périssé (Séance du 5 novembre) page 540;

13° *Construction des souterrains par la méthode du bouclier*, lettre de M. J.-A. Amiot (Séance du 19 novembre) page 550;

14° *L'aide-mémoire de l'Ingénieur et du constructeur-mécanicien* (Analyse de) par M. A. Lavezzari (Séance du 19 novembre) page 551;

15° *Plancher mobile de la salle des séances* (Séance du 19 novembre) page 551;

16° *Monument Giffard* (don fait à la Société par M. le ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts du) (Séance du 19 novembre) page 552;

17° *Les conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey (2me partie)*, par M. M.-L. Langlois (Séance du 19 novembre) page 552;

18° *Nouveau traité de machines-outils, de M. Gustave Richard. Analyse* faite par M. Auguste Moreau (Séance du 19 novembre) page 556;

19° *Rapport du concours des « Poids Lourds » organisé par l'Automobile Club de France*, par M. Ch. Jeantaud et observations de MM. E. Lippmann et A. Lencauchez (Séance du 19 novembre) page 557;

Mémoires contenus dans le Bulletin de novembre 1897 :

20° *Voyage de la Société en Belgique du 10 au 15 septembre 1897 :*
1re partie. — *Compte rendu du voyage*, par M. R. Soreau, page 562;
2me partie. — *Notes sur les applications de l'électricité, observées pendant le voyage*, par M. V. Langlois, page 606;

21° *Voitures automobiles de poids lourds*, par M. Lucien Périssé page 636;

22° *Compte rendu de la fête du cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège*, par M. S. Périssé, page 634;

23° *De la résistance des barrages d'une grande longueur et grande hauteur soumis à des pressions statiques considérables*, par M. A. Lencauchez, page 666;

24° *Études de chaudronnerie*, par M. Ch. Fremont, page 67;

25° *Chronique* n° 215, par M. A. Mallet, page 734;

26° *Comptes rendus*, — page 745;

27° *Bibliographie*, — page 755;

28° — par M. P. Jannettaz, page 759;

29° *Planches* nos 200, 201 et 202.

Pendant le mois de novembre 1897 la Société a reçu :

36883 — De M. M.-L. Langlois (M. de la S.). *L'Affaire de Bouzey au Tribunal d'Épinal. Articles et compte rendu publiés par le Mémorial des Vosges* (grand in-8° de 120 p.). Épinal, Ch. Huguenin, 1897.

36884 — De M. E. Lecocq (M. de la S.). *Compagnie des Chemins de fer du Midi (français). Matériel et Traction. Exposition de Bruxelles, 1897. Notices sur le matériel exposé. Locomotive et Tender 1301. Locomotive et Tender 1760* (in-4° autog. de 15 p. et 7 pl.).

36885 — *Vade-Mecum du Bibliothécaire ou Règles pratiques pour la rédaction des catalogues et le classement des volumes, suivies d'une Instruction raisonnée sur le format des livres, par le marquis Daruty de Grandpré* (in-8° grand raisin de 64 p.). Paris, Ém. Paul et fils et Guillemin, 1897.

36886 — De M. Ém. Lemoine. *Note sur une construction approchée du développement de la circonférence et remarques diverses, par Ém. Lemoine* (Extrait du Bulletin de la Société mathématique de France, tome XXIII, 1895) (in-8° grand raisin de 14 p.). Paris, Siège de la Société, 1897.

36887 — Dito. *Mélanges sur la géométrie du triangle, par Ém. Lemoine* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Bordeaux, 1895) (in-8° grand raisin de 25 p.). Paris, Secrétariat de l'Association.

36888 — Dito. *Questions relatives à la géométrie du triangle, à la géométrografie et à la transformation continue, par Ém. Lemoine* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Carthage, 1896) (in-8° raisin, pages 58 à 73). Paris, Secrétariat de l'Association.

36889 — Dito. *Sur la décomposition d'un nombre en ses carrés maxima, par Ém. Lemoine* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Carthage, 1896) (in-8°, pages 73 à 77). Paris, Secrétariat de l'Association.

36890 — De M. Ém. Cacheux (M. de la S.). *Exposition internationale des pêches à Bergen* (Supplément au Bulletin trimestriel de l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes) (in-8° de 12 p.). Paris, Siège social.

36891 — De M. G. Dumont (M. de la S.). *Basler Bauten des 18ten Jahrhunderts, Herausgegeben vom Ingenieur-und Architekten Verein. Basel, 1897* (Zur XXXVII. Jahresversammlung des Schweiz. Ingenieur-und Architekten-Vereins in Basel, 26 und 27 September 1897) (un vol. 330 × 235 de 16 p. avec 31 pl.).

36892 — Du Ministerie van Waterstaat Handel en Nijverheid. *Colmatage des polders de Hollande. Rhenen 1* (une carte 550 × 680).

36893 et 36894 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation. Statistique de la Navigation intérieure.*

Nomenclature et Conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises, Année 1896. Premier et deuxième volumes. Paris, Imp. Nat., 1897.

36895 — Dito. *Ministère des Travaux publics. Album de statistique graphique de 1895-1896.* Paris, Imp. Nat., 1897.

36896 à 36917 — Du Ministère de l'Agriculture. *Ministère de l'Agriculture. Bulletin. Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicules A à T. Table générale des matières contenues dans les fascicules A à P et Table générale des matières du fascicule A au fascicule T inclus* (22 volumes grand in-8°). Années 1885 à 1897 (manque le fascicule G dont l'édition est épuisée). Paris, Imp. Nat., 1885 à 1897.

36918 — De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. Bulletin de l'exercice 1896.* Amiens, T. Jeunet, 1897.

36919 — Dito. *Syndicat des fabricants de sucre de France. Essais de vaporisation de générateurs de sucrerie. 2e Partie. Résultats d'expériences de vaporisation sur les générateurs tubulaires et semi-tubulaires de sucrerie. Dimensions à donner aux surfaces de grilles. Communication faite au Congrès du Syndicat des fabricants de sucre de France le 9 avril 1897, par E. Schmidt* (Extrait du 23e Bulletin trimestriel du Syndicat des fabricants de sucre de France, mai 1897) (grand in-8° de 20 p. avec 10 tableaux). Paris, Imp. de la Presse.

36920 — Dito. *Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. Note sur un procédé de vidange à froid des générateurs supprimant les incrustations, par E. Schmidt* (Extrait du Bulletin de septembre 1897 de la Société industrielle d'Amiens) (grand in-8° de 22 p.). Amiens, T. Jeunet, 1897.

36921 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *E. Sérafon. Les Tramways, les Chemins de fer sur routes, les Automobiles et les Chemins de fer de montagne à crémaillère. Quatrième édition complètement refondue, par H. de Graffigny et J.-B. Dumas* (grand in-8° de 576 p. avec 199 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

36922 et 36923 — Dito. *Bibliothèque de l'Union des Yachts français. Traité de la construction des yachts à voiles, par C.-M. Chevreux* (in-8° de 212 p. avec 112 fig. et atlas de 30 pl. pliées format 290 × 200). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

36924 — De la Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria de la República Mexicana : *Ley minera y ley de impuesto á la mineria con sus respectivos reglamentos* (in-8° de 97 p.). Mexico, 1894.

36925 — De M. P. Lecler (M. de la S.). *Rapports de MM. Lecler et Larvaron sur les concours de moteurs à pétrole et de véhicules à essence, organisés à Dangé par la Société d'Agriculture et de Viticulture de l'arrondissement de Châtellerault les 15 et 16 sep-*

tembre 1894 (Bulletin agricole et viticole de l'arrondissement de Châtellerault, 1re année, n° 11. Novembre 1894). Châtellerault, 1894.

36926 — Dito. *Rapport de M. Lecler sur le concours d'instruments viticoles et vinicoles organisé par la Société d'Agriculture et de Viticulture de l'arrondissement de Châtellerault à Saint-Gervais-les-Trois-Clochers, les 21 et 22 septembre 1895* (Bulletin agricole et viticole de l'arrondissement de Châtellerault, 2e année, nos 22-23-24. Octobre-novembre-décembre 1895). Châtellerault, 1895.

36927 — De M. A. Fock (M. de la S.). *La France en Afrique. Les Capitaux et la Colonisation, par A. Fock* (Extrait de la Nouvelle Revue) (grand in-8° de 19 p.). Paris, Bureaux de la Nouvelle Revue, 1897.

36928 — De la Société technique de l'industrie du gaz en France. *Société technique de l'industrie du gaz en France. Compte rendu du vingt-quatrième Congrès tenu les 15 et 16 juin 1897, à Paris.* Paris, Société anonyme de publications périodiques, 1897.

36929 — De M. Carlos P. Salas. *Bureau central de statistique de la province de Buenos-Aires. L'agriculture, l'élevage, l'industrie et le commerce dans la province en 1885. Mémoire publié sous la direction de Carlos P. Salas* (in-4° de cix-102 p.). La Plata, 1897.

36930 — De M. Émile Monod. *Annuaire général du bâtiment et des travaux publics. Directeur Émile Monod, 1897.* Paris, Société des grands annuaires, E. Monod et Cie.

36931 — De M. A. Raddi. *L'acqua potabile per la città di Chiavari. Studi e proposte* (in-16 de 91 p.). Chiavari, 1897.

36932 — De M. L. Rey (M. de la S.). *52 Brochures et volumes traitant de*
à 36983 *divers sujets.*

36984 — De M. L. Courtier (M. de la S) *Exposition universelle de 1900. Palais des Beaux-Arts aux Champs-Elysées. Petit Palais. Élévation principale. Ch. Girault, architecte* (une feuille autog. 530 × 750). Paris, L. Courtier, 1897.

36985 — Dito. *Chemins de fer de l'Ouest. Service de la Voie. Carte du réseau, 1897* (une feuille autog. 860 × 1,180). Paris, L. Courtier, 1897.

36986 — De M. Vierendeel. *Exposition universelle de Bruxelles, 1897. Nouveau système de pont présenté par M. Vierendeel au concours de M. Somzée* (in-4° autog. de 10 p.). Bruxelles, 1897.

36987 — Dito. *Note sur la détermination du coefficient d'élasticité de flexion des sections doubles té, par A. Vierendeel* (in-8° de 11 p.). Bruxelles, 1897.

36988 — De M. L. Pérrissé (M. de la S.). *13 brochures, volumes et atlas*
à 37000 *traitant de divers sujets.*

37001 — De M. N. Pétroff (M. de la S.). *7 brochures et volumes en alle-*
à 37007 *mand, en français et en russe traitant de divers sujets.*

37008 — De M. C. Baur. *Annuaire des Conducteurs des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des Travaux publics. 1897.* Paris, Paul Dupont, 1897.

37009 — De la Société de Secours des Amis des sciences. *Société de Secours des Amis des sciences. Compte rendu du trente-septième exercice. Séance publique annuelle tenue le 29 avril 1897.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897.

37010 — De M. V.-E. de Timonoff (M. de la S.). *Les voies navigables de la Sibérie, par V.-E. de Timonoff* (grand in-8° de 398 p. avec 2 cartes) (ouvrage en russe). Saint-Pétersbourg, 1897.

37011 — De M. H. Chevalier (M. de la S.). *Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. Annales du Musée Guimet. Tome vingt-sixième. Deuxième partie. Guide pour rendre propice l'étoile qui garde chaque homme et pour connaître les destinées de l'année. Traduit du coréen par Hong-Tyong-ou et Henri Chevalier* (in-4°, pages 75 à 123). Paris, Ernest Leroux, 1897.

37012 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *London Country Council. Instructions du London Country Council sur la démolition des maisons insalubres habitées par les travailleurs, et sur la reconstruction des nouvelles maisons, par Thomas Blashill, Présentées au Congrès international des Habitations à bon marché tenu à Bruxelles, par Owen Fleming* (brochure 330 × 210 de 11 p. et une carte). Juillet 1897.

37013 — Du Ministère des Travaux publics : *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1895.* Paris, A. Dencède.

37014 — Dito. *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Résumé des observations centralisées pendant l'année 1895.* Pau, Garet, 1897.

37015 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les constantes physico-chimiques par D. Sidersky* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 207 p. avec 58 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

37016 — De la Secretaria de Fomento. *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tome X.* Mexico, 1888.

37017 — De MM. Bechmann et Launay. *Notice sur les travaux de l'aqueduc et du parc agricole d'Achères, par MM. Bechmann et Launay* (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées, 2e trimestre 1897) (grand in-8° de 264 p. avec 10 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

37018 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Division des chemins de fer. Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1895. Documents divers. Deuxième partie : France. Intérêt local, Algérie et Tunisie.* Paris, Imp. Nat., 1897.

37019 — De M. le Comte de Chambrun (M. de la S.). *Le Comte de Chambrun. Wagner à Munich, Francfort et Nice* (in-8° raisin de 140 p. avec 3 photogravures). Paris, Calmann Lévy, 1898.

37020 — De M. G.-L. Pesce (M. de la S.). *La navigation sous-marine, par G.-L. Pesce* (in-8° de 147 p. avec 34 fig. et 2 pl.). Paris, H. Bécus, 1897.

37021 — Dito. *La navigation sous-marine, par G.-L. Pesce* (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France. Bulletin de juillet 1896) (in-8° de 72 p. avec 2 pl.). Paris, Siège de la Société, 1897.

37022 — De M. J. Marié (M. de la S.). *Procédés d'exécution des travaux hydrauliques par l'air comprimé, par J. Marié* (Bulletin technologique de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Juin 1897, n° 6, pages 593 à 693, pl. 40 à 45). Paris, Imp. Chaix, 1897.

37023 — De Norske Ingenior og Arkitekt Forening. *Medlemsfortegenlse for den Norske Ingenior og Arkitekt-Forening og den Polytekniske Forening 1897*. Kristiania.

37024 — Du Chief of the Bureau of Steam Engineering. *Annual Report of the Chief of the Bureau of Steam Engineering 1897*. Washington, 1897.

37025 — De M. A. Dufour (M. de la S.). *Tracé d'un chemin de fer, par Albert Dufour* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 212 p. avec 89 fig. et 2 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

37026 — De MM. Baudry et C^ie^, éditeurs. *La traction mécanique des tramways. Étude des différents systèmes. Comparaison et prix de revient, par Raymond Godfernaux* (grand in-8° de 372 p. avec 182 fig.). Paris, Baudry et C^ie^, 1898.

37027 — De M. A. Blanchet (M. de la S.). *Étude d'une loi sur les accidents du travail en France, par Augustin Blanchet*. (Extrait de la Réforme sociale) (in-8° de 30 p.). Paris, Société d'Économie Sociale, 1897.

37028 — De M. S. Jordan (M. de la S.). *Nouveaux appareils de chauffage du vent et de prise de gaz pour hauts fourneaux, par Ch. Jung. Note traduite par les soins de l'auteur et précédée d'une notice introductive sur les appareils à air chaud réfractaires, par S. Jordan* (Extrait de la Revue Universelle des Mines, etc., tome XL, 3^e^ série, page 1, 41^e^ année, 1897) (in-8° de 26 p. avec 1 pl.). Liège et Paris, C. Borrani, 1897.

37029 — De MM. P. Vicq-Dunod et C^ie^ (M. de la S.). *Maçonneries, par E. Simonet* (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16 de 442 p. avec 102 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

37030 — Dito. *Service municipal. Plantations d'alignement, promenades, parcs et jardins publics, par Georges Lefebvre. Première partie : Plantations d'alignement. Deuxième partie : Promenades, parcs et jardins publics* (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16 de 357 p. avec 336 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

37031 — De M. A. Levêque (M. de la S.). *Proyecto de Mejoramiento del Puerto de Valparaiso, par A. Lévêque et E. de La Motte du Portail* (in-8° de 78 p. avec 6 pl.). Santiago, 1892.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de novembre 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM.

J.-A. Araujo de Vasconcellos, présenté par MM. de Alvarengo-Peixoto, Ramos da Silva, de Dax.
L. Barnoya, — Grébus, Ibran, Rahola.
Ch. Camuset, — Lippmann, Bertrand de Fontviolant, Cacheux.
O. Chanute, — Rey, de Chasseloup-Laubat, de Dax.
P.-Ch. Charbaut, — Appert, Gaillard, Magnard.
A.-C. Chardonneau, — Calvé, H. Laval, Sarcia.
E. Chaudoir, — Lippmann, Dumont, Jousselin.
J. Chollot, — Barbier, Feray, Hutteau.
P.-L. Coulbeaux, — Berthier-Pacha, Canet, Durey.
H. Delepaulle, — Lippmann, Anthoni, Regnard.
E. de Dorlodot, — Hebert, Lemoine, Taragonet.
A. Droit, — Lippmann, Dumont, Badois.
L. Gérard, — Lippmann, Dumont, Badois.
L. Giraud, — Damoizeau, Garvin, Plichon.
J. Gliszczynski, — Rey, Boileau, de Dax.
H. Hubac, — Delaunay-Belleville, Imbert, Liébaut.
Ch. Jacques, — Lippmann, Dumont, Badois.
L. Laporte, — Rey, Gauthey, de Dax.
E.-A. Lelong, — Lippmann, Dumont, Badois.
Ch. Lordier, — Lippmann, Demoulin, Morandière.
L. Mathieu, — Delaunay-Belleville, Liébaut, Richemond.
L.-G. Mégy, — Lippmann, Duparchy, Fontaine.
H. Minuit, — Rey, Boileau, de Dax.
J. Nogales Lopez, — Cantero, Cantero y Villemil, de Dax.
E. Purpan, — Imbert, Lecomte, de Tédesco.
C. Roche, — Duchesne, Piaud, de Dax.
J.-F. Roulleau, — de Banville, Escande, Lescasse.

C. Schestakoff, présenté par MM. Rey, Durieux, de Jolly.
C.-L. Somzée, — L. Somzée, Lippmann, Dumont.
G. Somzée, — L. Somzée, Lippmann, Badois.
H. Squilbin, — Lippmann, Vaslin, de Dax.
P. Thiéry, — Baignères, Lacroix, L. Périssé.
P.-L. Vincent, — Berthier-Pacha, Durey, Canet.
A. Warin, — Delaunay-Belleville, Darblay, Liébaut.
E.-A. Warin, — Delaunay-Belleville, Darblay, Liébaut.

Comme Membres associés MM. :

A.-A. Bouline, présenté par MM. Fremont, Rey, H. Thirion.
B. Delgutte, — Dewavrin, Neveu, Schoenstein.
J. Sternberg, — Dewavrin, Chincholle, Neveu.
G.-R. Tourin, — Fremont, Brulé, de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 NOVEMBRE 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. Pol-Ferdinand Arbey, Membre de la Société depuis 1892; a été Ingénieur-directeur de la sucrerie-raffinerie d'El Hawamdieh (Égypte);

M. Louis-François Dumont, Membre de la Société depuis 1874; a été constructeur de pompes centrifuges;

M. John Edgar Lowe, Membre de la Société depuis 1880; a été ingénieur-constructeur de chemins de fer;

M. Charles-Joseph Reynaud, membre de la Société depuis 1850, ancien constructeur de navires et machines;

M. Paul Rossigneux, Membre de la Société depuis 1890; a été ingénieur à la Compagnie des Houillères de Saint-Étienne, directeur des usines de la Compagnie des Mines d'Anzin, ingénieur principal des Mines de Dourges et Secrétaire général de la Compagnie de Porman.

M. LE PRÉSIDENT a le grand plaisir d'annoncer une nouvelle que tous les Membres de la Société se réjouiront d'apprendre : la nomination de notre ancien Président, M. L. Molinos, au grade d'Officier de la Légion d'honneur. M. le ministre du Commerce, en lui décernant cette décoration au nom du Gouvernement, a fait ressortir les droits que lui avaient acquis et son long stage de Chevalier de la Légion d'honneur qui a duré trente ans, et les nombreux et grands travaux auxquels il s'est consacré. M. le Président est certain que tous applaudiront avec lui à cette nomination. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT se réjouit que les listes des Membres de la Société faisant partie :

1° Des Comités d'admission à l'Exposition de 1900;

2° Des exposants récompensés à l'Exposition de Bruxelles soient si importantes qu'il ne peut en donner lecture. Elles seront insérées à part à la suite du procès-verbal (Voir page 543).

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu un avis l'informant de l'ouverture, le 8 novembre, de la session 1897-1898 de la Société Internationale des études pratiques d'Économie sociale;

Et un avis de l'ouverture de l'École spéciale d'Architecture, le 10 novembre.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement :

Les tramways, les chemins de fer sur routes, les automobiles et les chemins de fer de montagne à crémaillère, par E. Serafon. 4e édition, complètement refondue par H. de Graffigny et J.-B. Dumas;

Le Traité de la construction des yachts à voile, par E.-M. Chevreux;

Les Instructions du London Country Council sur la démolition des maisons insalubres habitées par des ouvriers et la reconstruction de nouvelles maisons. Ces instructions, écrites en français et présentées au Congrès international des habitations à bon marché tenu à Bruxelles, nous ont été adressées par notre Collègue, M. Ch. Lucas; celui-ci a accompagné cet envoi d'une lettre où il insiste sur la grande importance des opérations entreprises par le London Country Council, qui ne craint pas de démolir et de reconstruire un quartier entier et qui aujourd'hui, après quelques années d'existence, se trouve posséder en douze régions différentes de Londres de nombreux immeubles lui assurant, malgré le taux modéré des locations, un revenu annuel de 582 400 *f.*

M. LE PRÉSIDENT rappelle que dans la séance du 18 juin il a annoncé l'organisation, par les États-Unis mexicains, d'un concours pour un projet de palais du Pouvoir législatif fédéral. Il fait part d'un avis qui lui a été adressé par le Consulat général des États-Unis mexicains en France, et qui indique le 30 novembre courant comme date de remise des projets.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu de M. Squilbin, qui vient d'en être nommé Membre, un don de 50 *f.* Il lui exprime ses sincères remerciements.

M. LE PRÉSIDENT dit que dans la séance précédente il avait adressé des remerciements aux Membres de la Société qui avaient répondu à ses appels antérieurs, et avaient permis d'obtenir cette année 380 nouvelles adhésions; il espérait alors qu'on pourrait arriver au chiffre de 400 ; il est heureux d'annoncer que ce chiffre va être atteint, et il compte encore sur le bon vouloir de ses Collègues pour continuer jusqu'au bout cette belle courbe d'accroissement.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Dumont pour présenter quelques photographies qui complètent la série de celles qu'il a montrées à propos de sa dernière communication sur l'*Utilisation des puissances*

naturelles : transport à grande distance et distribution de l'énergie électrique.

M. G. Dumont dit que depuis sa communication, il a reçu de M. Raclet, administrateur-délégué de la Compagnie du Jonage, quelques renseignements sur l'état actuel du transport de force électrique à Lyon.

Tous les travaux d'art, ponts et leurs abords, ouvrages de garde et écluse accolée, déversoir, aqueducs, etc., sont terminés. L'usine-barrage est également achevée; il ne reste à faire que le raccordement des deux sas de l'écluse de l'usine et une partie du bétonnage du plafond du canal en amont de l'usine.

Pendant qu'on achève ces travaux, le canal a été mis en eau depuis son origine, jusqu'au pont de la Sucrerie situé à 1 1/2 *km* en amont de l'usine.

M. G. Dumont fait ensuite projeter une série de photographies représentant : l'origine du canal de Jonage à Jons (Isère); le mur de garde et l'écluse du kilomètre 5,575 à différentes époques de leur construction; l'intérieur de l'usine-barrage au kilomètre 15,780 et la vue d'ensemble de cette même usine fin septembre 1897, vue qui en montre bien l'importance.

D'ici trois semaines à un mois on procédera à l'enlèvement du barrage provisoire qui a retenu les eaux au pont de la Sucrerie, et on effectuera la mise en eau complète.

L'usine sera alors en état de fonctionner.

Actuellement deux groupes : turbines et dynamos sont entièrement installés et le montage se poursuit à raison d'un groupe par mois.

On a déjà posé 80 *km* de canalisations.

En attendant la mise en service complète de l'usine hydraulique, la Compagnie a installé depuis quelques mois déjà, aux Brotteaux, une usine provisoire fonctionnant avec des machines à vapeur. Les 400 *ch* disponibles à cette usine sont depuis longtemps absorbés.

M. le Président remercie M. Dumont de ces renseignements qui viennent bien compléter sa récente et importante Communication.

Il donne la parole à M. S. Périssé pour le *Compte rendu de la fête du Cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège.*

M. S. Périssé rappelle qu'il y a vingt-cinq ans, il a rendu compte, devant la Société, de la fête commémorative organisée par l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège ; c'est à cette circonstance qu'il doit d'avoir été chargé de parler, ce soir, du cinquantenaire de cette Association, tandis que cette agréable mission revenait à notre Président, M. G. Dumont, qui a conduit la délégation nommée par la Société des Ingénieurs Civils de France, pour la représenter dans cette solennité.

Cette délégation était composée de MM. G. Dumont, Président, Bresson, Delsa, Dupuis, Krieg, Lévy, Louyot, Périssé. Léon Thomas et Trouvé.

Elle a été reçue avec les autres Ingénieurs invités le dimanche 17 octobre à la salle académique de l'Université, par M. Paquot, Président de l'Association, assisté de M. Habets, son secrétaire.

Après avoir souhaité la bienvenue aux Ingénieurs étrangers, M. Pa-

quot, dans une allocution très applaudie, a parlé des hommes qui ont illustré l'Association, émanation de l'Ecole des Mines de Liège fondée en 1835; il a fait acclamer les noms des promoteurs et fondateurs de l'Association, et il a rappelé les éminents services rendus par M. Louis Trasenster qui a conservé la présidence pendant trente-huit ans; il a terminé en faisant ressortir le rôle social de l'Ingénieur qui, étant constamment en contact avec l'ouvrier, peut beaucoup pour le rapprochement des classes.

M. Habets, Secrétaire de l'Association, non moins applaudi que M. Paquot, a fait l'histoire des cinquante premières années de l'Association fondée en 1837 par dix Camarades, dont trois présents ont été salués et acclamés: MM. de Vaux, A. Jottrand et L. Goret.

L'Association compte aujourd'hui plus de onze cents membres. Les prédécesseurs de M. Paquot à la présidence ont été : MM. Trasenster, Montefiore-Levi, M. Despret et notre Collègue M. Eug. Gillon.

Immédiatement après la séance d'ouverture, ont eu lieu parallèlement deux séances consacrées à l'exposé de sujets techniques.

Dans la salle académique, M. Harzé, Directeur général des Mines de Belgique, avec l'autorité qui s'attache à ses hautes fonctions, a exposé le développement des industries extractives et métallurgiques en Belgique depuis 1831.

M. Smeysters, Ingénieur en chef, Directeur des Mines, a communiqué quelques-uns des résultats des nouveaux travaux de la carte des mines du bassin de Charleroi.

L'installation des sièges d'extraction à grande profondeur a fait l'objet de la communication de M. Tomson, Directeur de charbonnages en Allemagne.

Ces trois communications sur les mines ont été suivies de deux autres sur la mécanique. La question de la compression de la vapeur dans l'espace mort des machines a été traitée par notre Collègue, M. Dwelshauvers-Dery, Professeur à la Faculté technique de Liège, avec la collaboration de M. Hubert, Ingénieur principal des Mines, chargé de cours à l'Université. Les expériences faites sur la machine du laboratoire de mécanique de l'Université de Liège, ont amené à la conclusion suivante : « Dans une machine sans condensation avec ou sans enveloppe, la compression est désavantageuse au point de vue de l'économie de la vapeur. La perte qu'elle entraine augmente avec le degré de compression. »

La séance s'est terminée dans la salle académique par une communication de notre collègue, M. Kaptein, Directeur de la Westinghouse Brake Limited C°, qui a d'abord présenté un exposé des freins continus, puis a fait connaitre un nouveau tampon à friction pour les véhicules de chemins de fer.

Vu l'heure avancée, MM. Jottrand et Alexandrovicz n'ont pu traiter les questions pour lesquelles ils étaient inscrits : la prévention des accidents du travail et les chaudières à basse pression.

Dans l'auditoire de physique expérimentale, où le plus grand nombre des Ingénieurs s'étaient rendus, quatre études fort intéressantes sur la métallurgie ont été présentées par deux de nos Collègues : MM. Rocour et Greiner et par MM. Hubert et Magery.

M. Rocour a fait un résumé d'une étude sur le haut fourneau, où il a établi le bilan calorifique du haut fourneau d'une façon qui rend les calculs faciles ; il se base sur une valeur expérimentale de la perte par refroidissement et il prend comme variable, non plus le rapport de l'acide carbonique à l'oxyde de carbone, comme Grüner, mais la fraction du carbone qui arrive aux tuyères.

M. Greiner, notre Collègue, l'éminent Directeur général de la Société Cockerill, en traitant des progrès accomplis dans la connaissance du métal acier, a parlé successivement des épreuves chimiques, mécaniques et métallographiques, en insistant sur ces dernières ; il a produit sur l'Assemblée une profonde impression en l'initiant, pour ainsi dire, aux travaux de notre savant Collègue M. Osmond, sur la métallographie, travaux que son auteur voudra bien, espérons-le, nous présenter lui-même à notre Congrès du Cinquantenaire.

M. Hubert, Ingénieur principal des Mines, a fait une communication sur l'utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice.

La dernière communication est celle de M. Magery, l'éminent et habile Directeur des Aciéries d'Aix-la-Chapelle, sur les modifications apportées aux laminoirs dans une aciérie à grande production de métal Thomas.

Cette journée s'est terminée par un banquet où des toasts ont été portés par M. le Président Paquot, M. Nyssens, Ministre du Travail M. le Directeur général des Mines Harzé, M. Habets, et notre Vice-Président, M. Dumont, dont le toast a été chaleureusement applaudi.

La seconde journée a été consacrée à la visite d'établissements industriels (établissements Cockerill et fabrique d'armes de guerre de Herstal), et des Instituts de la Faculté technique de l'Université (Ecoles spéciales des Mines et des Arts et Manufactures). Le soir a eu lieu une fête artistique très brillante.

Le lendemain, une excursion a eu lieu à l'Exposition de Bruxelles.

En terminant, M. Périssé propose à la Société de voter des remerciements unanimes à l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège pour la magnifique et cordiale réception faite à ses délégués aux fêtes du Cinquantenaire.

Ces remerciements sont votés par acclamation.

M. le Président remercie M. S. Périssé de sa très intéressante communication. La compétence avec laquelle il a parlé des communications techniques, qui constituent pour les Ingénieurs la partie la plus intéressante dans ces attrayantes réunions, a permis à ceux d'entre nous qui n'ont pu faire ce voyage d'apprécier, comme s'ils avaient assisté aux séances, les importants travaux présentés par nos Collègues de Belgique.

La parole est à M. O. de Rochefort-Luçay pour sa communication sur un *nouveau transformateur électrique à haute tension.*

M. O. de Rochefort-Luçay dit que depuis la découverte de Rœntgen, l'étude des transformateurs électriques à haute tension a pris une nouvelle importance; la bobine de Ruhmkorff est encore seule en usage.

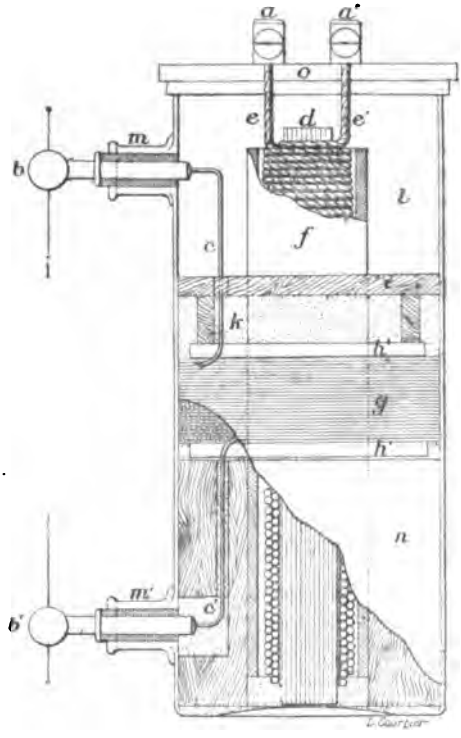
Les inconvénients de celle-ci sont les suivants : mauvais rendement qui n'atteint guère que le 20 pour cent des watts fournis ; coût de construction, tant à cause du prix élevé et du poids des matériaux employés, qu'à cause de la main-d'œuvre nécessaire pour enrouler des kilomètres de fils ; délicatesse de l'appareil qui se détériore facilement avec le temps par fendillement de l'isolant ou par combustion du fil induit; poids très élevé rendant les transports difficiles.

M. Rochefort a étudié la question avec M. Wydts; tout repose sur l'isolement du circuit induit.

Aux hautes tensions qui se produisent dans la bobine et qui atteignent 3 ou 400 000 volts, l'état physique de l'isolant est d'une importance extrême. Les isolants solides, le verre par exemple, sont facilement traversés par des effluves qui deviennent, avec le temps, de plus en plus importants en modifiant l'état moléculaire du verre pour se frayer un passage.

Quant aux isolants liquides, ils s'électrisent de façon différente au contact des pôles extrêmes qui émergent; des attractions et des répulsions moléculaires se produisent au sein de l'isolant, des espèces de courants liquides se forment pour permettre aux molécules électrisées à potentiels différents de recombiner leur électricité. Un frémissement manifeste s'observe alors à la surface et le rendement peut s'abaisser des 9/10.

Les isolants visqueux ou pâteux, qui n'ont ni les pores des solides, ni la mobilité moléculaire des liquides, offrent un état physique favorable. Ces isolants sont, en général, des carbures d'hydrogène qui, décomposés lentement par les actions électriques intérieures, laissent déposer du carbone pulvérulent et ces particules conductrices en suspension font perdre à la matière ses qualités d'isolement. MM. Rochefort et Wydts ont pu, tout en employant un isolant visqueux, éviter le dépôt du carbone, grâce à un dispositif spécial.



Dans leur transformateur *(fig. 1)*, l'inducteur est le même que dans une bobine de Ruhmkorff; il se compose d'un noyau de fer doux *d*, autour duquel s'enroule une double couche de gros fil de cuivre *ee'* qui aboutit aux deux bornes *a* et *a'* du courant primaire. Un tube *f* isolant entoure le faisceau inducteur.

L'induit est composé d'une seule bobine *g* comportant 600 grammes de fil de cuivre 16/100.

Cette bobine induite est placée dans la région médiane de l'inducteur; elle repose sur deux tubes de verre *h'* soutenus par un bloc de bois. Au-dessus, un bouchon de bois *i* muni de deux tasseaux, repose sur la bobine induite au moyen de deux tubes de verre *h*.

Les deux extrémités de l'induit sont reliées aux deux bornes secondaires *b* et *b'* placées dans les bouchons des deux tubulures *m* et *m'* du vase de verre dans lequel le tout est placé verticalement.

Le vase de verre est rempli d'un isolant carburé pâteux.

L'appareil ainsi construit donne 20 à 22 *cm* d'étincelles avec 6 volts et 3,3 ampères, soit 20 watts environ.

L'induit de la bobine de Ruhmkorff, donnant la même tension serait composé de 50 à 60 galettes ou bobines plates accouplées en tension et séparées par des cloisons solides isolantes. Le poids du fil de l'induit serait de 5 à 6 *kg*. Le nombre de watts employés serait 120 environ.

Le nouvel appareil ayant un induit à faible résistance donne un rendement en intensité, à tension égale, supérieur à la bobine de Ruhmkorff correspondante. Comme, sous une même tension, l'émission des rayons X croît avec l'ampérage secondaire, l'appareil convient donc bien à leur production.

Le condensateur n'a rien de particulier. Le trembleur employé est du genre Foucault; la vitesse, la distance de l'électro à l'armature, le niveau du mercure sont réglables.

M. Rochefort et M. Wydts, font devant l'assemblée, d'intéressantes expériences comparatives avec leur nouveau transformateur et une forte bobine de Ruhmkorff, de puissance nominale correspondante. M. Rochefort montre que la tension sur le nouvel appareil est environ le double de celle obtenue avec la bobine de Ruhmkorff. Il fait constater la densité remarquable de l'étincelle, donnée par le transformateur Wydts-Rochefort, densité qui montre la grande intensité du courant secondaire.

M. le Président remercie M. Rochefort; il lui sait gré de nous avoir présenté cet appareil, car nous devons applaudir chaque fois que l'un des nôtres fait faire un nouveau pas au progrès, et le dispositif qui vient de nous être donné par notre Collègue représente un perfectionnement dont l'électricité tirera un avantage sérieux.

M. Lucien Périssé a la parole pour sa communication sur *les voitures automobiles sur routes présentées au Concours de l'Automobile-Club de France « Les Poids lourds »*.

M. Lucien Périssé indique tout d'abord les causes qui ont retardé sa communication préparée, en collaboration avec M. G. Dumont, sur les transports en commun sur rails et sur routes; ce travail devant englober la description des voitures-omnibus ayant pris part au Concours de 1897, il n'a pas voulu retarder l'exposé de cette question d'actualité.

Le Concours que l'Automobile-Club de France a organisé cet été était réservé aux véhicules automobiles transportant un minimum de 1 tonne

— voyageurs ou marchandises. Il a été appelé « Concours des poids lourds » en raison du minimum de poids qui était la condition primordiale imposée aux concurrents.

Il a eu lieu au commencement d'août dernier, pendant six jours, sur les routes qui rayonnent autour de Versailles, sous la direction et le contrôle d'une commission officielle; il était international.

Le Concours était ouvert à tous véhicules mécaniques établis en vue des services suivants :

1° Transports en commun des voyageurs, au moins 10 voyageurs et leurs bagages; soit 100 *kg* par place offerte.

2° Transports des marchandises et transports simultané des voyageurs et des marchandises avec minimum de poids de 1 000 *kg*.

Trois itinéraires rayonnant autour de Versailles avaient été choisis, leurs longueurs étaient de 41, 46 et 66 *km;* chaque concurrent devait parcourir deux fois chaque itinéraire suivant un roulement déterminé d'avance, de sorte que le parcours total à accomplir était de plus de 300 *km*, dont 55 de routes pavées.

Sur chaque voiture, des commissaires notaient tous les renseignements utiles : temps, consommations, rapidité d'arrêts, incidents, accidents, réparations, etc.

M. Lucien Périssé fait ressortir l'intérêt qui s'attache à l'étude des transports sur routes puisque le même service peut être fait par des voitures automobiles coûtant 7 000 *f* le kilomètre ou par une ligne de chemin de fer d'intérêt local ne coûtant pas moins de 40 000 *f* le kilomètre (matériel roulant compris), sans parler des avantages commerciaux, liberté des tarifs, de trafic, diminution des frais généraux, etc.

Les principaux véhicules ayant concouru sont, par ordre alphabétique :

Les voitures à voyageurs	— systèmes de Dion-Bouton.	à vapeur
—	— Le Blant.	
—	— Scotte.	
—	— Weidknecht.	
—	— Maison Parisienne.	à pétrole
—	— Panhard et Levassor.	
Les voitures à marchandises	— systèmes de Dietrich.	à pétrole
—	— Scotte.	à vapeur

Relativement à chacun des véhicules, omnibus, tracteurs, breaks, chars à bancs, trains et camions, M. L. Périssé donne une série de renseignements détaillés sur les poids, à vide, en ordre de marche, en charge; la répartition du poids sur les divers essieux; la nature et les dimensions du moteur, les consommations. Des photographies et des schémas sont projetés pour chaque voiture.

M. L. Périssé fait ensuite une comparaison des concurrents au point de vue de l'utilisation, de l'adhérence, des prix de revient et il donne son avis sur les mérites respectifs des divers véhicules à vapeur et à pétrole qui ont pris part au concours.

Pour compléter son exposé, il présente quelques indications générales

sur les véhicules rentrant dans les conditions de concours, mais qui n'y ont pas pris part :

Camion Gandon.	à vapeur
Voiture à marchandises Pellerin.	à pétrole
Voiture de livraison de la Compagnie anglo-française.	
Car-ripert Audibert et Lavirotte.	à pétrole
Omnibus de la Compagnie Générale des Automobiles (moteur rotatif).	à vapeur
Diligence d'Oran à Mostaganem de la maison Th. Cambier	à pétrole
Omnibus électrique de Londres.	

Des projections sont également faites pour ces véhicules.

M. Périssé conclut que l'avenir n'est pas éloigné où nos vieilles routes de France seront sillonnées par les voitures mécaniques lourdes faisant communiquer entre eux les centres de moyenne importance, les fabriques et les usines, et drainant vers les stations de chemin de fer les produits de la région.

M. le Président remercie M. L. Périssé de son intéressant travail. En nous faisant part de ses études et de ses appréciations personnelles sur ce sujet il nous a préparés à l'importante communication que l'*Automobile Club* nous promet, pour nous en donner la primeur, sur toutes les phases, avec résultats et chiffres, du concours organisé par ses soins entre les voitures automobiles, « poids lourds ». Ce compte rendu se fera sans doute dans la prochaine séance.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. L. Barnoya, P.-Ch. Charbaut, L. Mathieu, G.-E.-E. Scheuter, comme membres sociétaires et de M. G.-R. Tourin comme membre associé.

MM. J.-A. Araujo de Vasconcellos, Ch. Camuset, O. Chanute, A.-C. Chardonneau, E. Chaudoir, J. Chollot, P.-L. Coulbeaux, H. Delepaulle, baron E. de Dorlodot, A. Droit, L. Gérard, L. Giraud, J. Glisczynski, H. Hubac, Ch. Jacques, L. Laporte, E. Lelong, C. Lordier, L. Mégy, H. Minuit, J. Nogales Lopez, E. Purpan, C. Roche, F.-J. Roulleau, C. Schestakoff, C.-L. Somzée, G. Somzée, H. Squilbin, P. Thiéry, P.-L. Vincent, A. Warin et E. Warin, sont reçus membres sociétaires.

MM. A.-A. Bouline, B. Delgutte et J. Sternberg, membres associés.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

LISTE

DES

RÉCOMPENSES OBTENUES A L'EXPOSITION

DE BRUXELLES

PAR DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

1° Exposants.

Membres du Jury. — Hors Concours :

MM. H. Beau (2 fois), H. Brulé, J. Carpentier, J. Clément, L. Coiseau et J. Cousin, A. de Dion, J. Grouvelle et H. Arquembourg, H. Hersent, J. Leblanc (2 fois), B. Le Brun (3 fois), V. Mabille (2 fois), P.-G. Maunoury, A. Michelin (4 fois), A. Muller et P. Roger (2 fois), J.-V. Pierron, E. Schneider, L. Somzée, A. Thirion, P. Vicq-Dunod (en participation).

Diplômes de Grands Prix :

MM. A. André, O. Aulanier (en participation), A. Bajac, E. Baudet et A. Donon, Ch. Binder, E. Bourdon, Comte de Chambrun, L. Coiseau, A. Couvreux et J. Allard, L. Delaunay-Belleville, L. de Naeyer (2 grands prix), A. Domange, E. Geoffroy et B. Delore (en participation), J. Girard (en participation), J. Huvé, Ch. Janet, P. Larivière et C^ie^ (2 grands prix), E. Lefranc (2 grands prix), L. Lemoine, P. Lequeux, Ch. Lorilleux (en participation), E. Michaud, A. Moisant, E. Laurent et A. Savey, J. Mollet-Fontaine, Ch. Prevet, P. Vicq-Dunod (en participation).

Diplômes d'Honneur :

MM. E. Asselin, M. Bail et S. Pozzy (2 diplômes d'honneur), G. Balas, A. Bricard, Ch. Brigonnet, E. Cacheux, L. Coiseau et J. Cousin, L. de Naeyer, E. Diligeon, A. Dorémieux, J. François, H. Hamet, L. Hannoyer, J. Hermant, A. Jacquin, P. Larivière et C^ie^, E. Lefranc, L. Lemoine, P. Lequeux, J. Mollet-Fontaine, A. Philippe, A. Savy (2 diplômes d'honneur), A.-E. et A.-L. Simon, A. Thomas, G. Ulmo.

Médailles d'Or :

MM. P. Auguste-Godchaux, J. Bar, G.-R. Blot, A. Bonna, F. Bougarel, E. Cauvin, A. Cohendet, L. Courtier, F. Dehaitre, F. Delmas, A. Droit, L. Dumont, Em. Farcot Fils (3 médailles d'or), A. Flicoteaux, P. Fortin, H. Hamet, Ch. Jaquemet, L.-P. Landry, P.-A. Mallet, A. Paul-Dubos, A. Philippe (3 médailles d'or), A. Piat et ses fils, Ch. Prevet, A. Savy, P. Vicq-Dunod.

Médailles d'Argent :

MM. O. Aulanier, G. Bolibar, L. Chambon, G. Delettrez, F. Delmas, M. Denys, Ch. Desouches, Ch. Driessens, Em. Farcot fils, A. Flicoteaux, H. Garnier, G. Hanarte, J. Henrivaux, L. Jeunet, E. Lefranc, A. Leroy, G. Levasseur, A. Philippe, Ch. Prevet.

Médailles de Bronze :

MM. E.-J. Barbier, L. Charpentier, P. Chouanard, G. Delettrez, M. Fourchotte, H. Hamet, J. Le Cœur, A. Perdu, A. Philippe, A. Renault.

Mentions Honorables :

MM. A. Collet et G. Hanarte.

Diplômes de Mérite :

MM. E. Dwelshauvers-Dery, A. Gillon, Ch. Janet, P. Mahler.

2° Collaborateurs.

Diplômes d'Honneur :

MM. A. Bauchère, Ch. Beer, L. Candlot, C. Cavallier, E. Clère, C. Coureau, N. Flaman, H. Hubac, J. Hermant, E. Javaux, A. Lencauchez, A. Mallet, L. Pralon, N. Raffard, A. Sommaire, A. Violet, J. Werth.

Médailles d'Or :

MM. A. Bonnaud, Ch. Brigonnet, F. Cornesse, M. Dibos, J. Fleming, G. Hersent, Ch. A. Jacques, V. Mabille.

Médailles d'Argent :

MM. I. Adour, G. Bouquillon, J. Pérard.

Médailles de Bronze :

M. A. Bloche.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

faisant partie des Comités d'admission.

Groupe I : Enseignement. — *Classe 3 : Enseignement supérieur. Institutions scientifiques.*

MM. E. BERTHELOT et P. JANSSEN.

Classe 4 : Enseignement spécial artistique.

M. E. TRÉLAT.

Classe 6 : Enseignement spécial industriel et commercial.

MM. J. BERGERON, P. BUQUET, F. DELMAS, J. GRELLET, P. JACQUEMART et J. MANÈS.

Groupe III : Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts. — *Classe 11 : Typographie, impressions diverses.*

MM. L. COURTIER, A. DUPONT, P. AUGUSTE-GODCHAUX et J. MICHAUD.

Classe 14 : Cartes et appareils de géographie et de cosmographie, Topographie.

M. E. ANTHOINE.

Classe 15 : Instruments de précision, monnaies et médailles.

MM. P. CHARPENTIER et A. LAUSSEDAT.

Classe 18 : Matériel de l'art théâtral.

MM. E. CLEMANÇON et E. DELAPERRIÈRE.

Groupe IV : Mécanique générale. — *Classe 19 : Machines à vapeur.*

MM. F. BOUGAREL, Ch. COMPÈRE, J. CORDIER, J. DURENNE, P. DYCKHOFF, J. FARGOT, E. GARNIER, E. GUYOT-SIONNEST, A. IMBERT, A. LIÉBAUT, A. LOTZ-BRISSONNEAU, A. MULLER et D. STAPFER (Trésorier du Comité départemental).

Classe 20 : Machines motrices diverses.

MM. H. BRULÉ, V. CHAMPIGNEUL, L. FÉRAY, A. HUGUET, J. LEBLANC, H. ROUART, J. SCHABAVER et Ch. WEHRLIN.

Classe 21 : Appareils divers de la mécanique générale.

MM. Ed. BADOIS, A. BOUGAULT, E. BOURDON, L. DESMARAIS, J. DIGEON, A. DOMANGE L. DUMONT, L. EDOUX, E. LUSTREMANT, E. PARISSE, S. PÉRISSÉ, A. PIAT et A. PIFRE.

Classe 22 : Machines-outils.

MM. E. BARIQUAND, P. BODIN, V. COHENDET, N. DUVAL-PIHET, P. JAMETEL, F. KREUTZBERGER, H. LENICQUE, L. PINCHART-DENY, D. POULOT, G. TRESCA et A. VAUTIER.

Groupe V : Électricité. — *Classe 23 : Production et utilisation mécanique de l'électricité.*

MM. A. BERGÈS, A. DE BOVET, E. DESROZIERS, A. HILLAIRET, E. HOSPITALIER, L. LOMBARD-GÉRIN, T. PAGNIEZ, A. POSTEL-VINAY et J. RACLET.

Classe 24 : Électro-Chimie.

MM. G. BLOT, A. BOUILHET, D. MONNIER, G. SARCIA et F. WEIL.

Classe 25 : Éclairage électrique.

MM. P. AZARIA, F. BARBIER, H. BEAU, A. CANCE, A. CHATARD, C. DELPEUCH, H. FONTAINE, E. HARLÉ, A. LALANCE, L. NEU, H. PORTEVIN et A. TRICOCHE.

Classe 26 : Télégraphie et Téléphonie.

MM. L. Couffinhal, H. Menier, E. Richemond, L. Weiller.

Classe 27 : Applications diverses de l'électricité.

MM. J. Carpentier, Ch. Chaperon, M. Delmas, G. Dumont, E. Sartiaux et G. Trouvé.

Groupe VI : Génie Civil, Moyens de transport. — *Classe 28 : Matériaux, matériel et procédés du génie civil.*

MM. E. Candlot, E. Coignet, H. Daydé, L. Dru, B. Dulau, E. Gaget, A. Guillotin, P. Henry-Lepaute, G. Hersent, M. Kœchlin, J. Le Cœur, Ed. Lippmann et A. Morel.

Classe 29 : Modèles, plans et dessins de travaux publics.

MM. L. Fouquet, H. Garnier, E. Lantrac, A. Moisant, L. Molinos, M. de Nansouty et F. Reymond.

Classe 30 : Carrosserie et charronnage.

MM. M. Bixio, M. Cottenet, E. Diligeon, A. de Dion, L. Hannoyer, Ch. Jeantaud, L. Lemoine, V. Mauclère, A. Michelin, R. Panhard, A. Peugeot et S. Pozzy.

Classe 32 : Matériel des chemins de fer et tramways.

MM. A. Barbet, Ch. Baudry, G. Broca, P. Chaillaux, G. Chevalier, P. Decauville, A. Desouches, A. Gottschalk, H. Haguet, E. Humbert, E. Level, E. Poloncau, E. Pontzen, L. Salomon et L. Serpollet.

Classe 33 : Matériel de navigation de commerce.

MM. P. Carié, E. Gouin, E. Guérin de Litteau et L. Piaud.

Groupe VII : Agriculture. — *Classe 35 : Matériel et procédés des exploitations rurales.*

MM. A. Bajac, E. Lavalard, A. Le Cler, A. Mulot et L. Paupier.

Classe 37 : Matériel et procédés des industries agricoles.

MM. A. Egrot, A. Hardon, J. Hignette et A. Ronna.

Classe 38 : Agronomie, Statistique agricole.

M. R. Berge.

Classe 39 : Produits agricoles alimentaires d'origine végétale.

M. D. Linard.

Groupe VIII : Horticulture et Arboriculture. — *Classe 43 : Matériel et procédés de l'horticulture.*

MM. E. André, M. Picard et T. Villard.

Groupe IX : Forêts, Chasse, Pêche, Cueillette. — *Classe 51 : Armes de chasse.*

M. J. Gévelot.

Classe 53 : Engins, instruments et produits de la pêche, Aquiculture.

M. E. Cacheux.

Classe 54 : Engins, instruments et produits des cueillettes.

M. E. Chouanard et L. François.

Groupe X : Aliments. — *Classe 55 : Matériel et procédés des industries alimentaires.*

MM. E. Boire, E. Brault, F. Fouché et A. Rouart.

Classe 56 : Produits farineux et leurs dérivés.

M. G. Cornaille-Leroy.

Classe 57 : Produits de la boulangerie et de la pâtisserie.

M. J. Sigaut.

Classe 58 : Conserves de viandes, de poissons, de légumes et de fruits.

M. Ch. PREVET.

Classe 59 : Sucres et produits de la confiserie, condiments et stimulants

MM. A. JACQUIN, A. MACHEREZ, G. MENIER et A. SOMMIER.

Classe 64 : Boissons diverses.

M. A. MONDOLLOT.

Groupe XI : Mines, Métallurgie. — *Classe 62 : Exploitation des mines, minières et carrières.*

MM. P. ARRAULT, L. BOUDENOOT, H. COURIOT, A. DEMMLER, E. GRUNER, L. MERCIER, L. MILLOT, G. PETITJEAN, J. PLICHON et P. SCHNEIDER.

Classe 63 : Grosse métallurgie.

MM. P. ARBEL, E. DE BOISCHEVALLIER, H. DESMONS, L. GASNE, D. GHESQUIÈRE-DIERICKS, A. GRIMAULT, F. HUBIN, R. JACQUEMART, S. JORDAN, V. DE LESPINATS, A. MAIRE, A. MARSAUX, J. MESUREUR, X. ROGÉ et H. SCHNEIDER.

Classe 64 : Petite métallurgie.

MM. A. BOAS, E. BOUCHACOURT, A. CAZAUBON, L. CRÉPEL, H. CROUZET, A. DONON, P. LARIVIÈRE, V. MABILLE, P. MAGNARD, P. MILLET et E. PLICHON.

Groupe XII : Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations. — *Classe 65 : Décoration fixe des édifices publics et des habitations.*

MM. G. BERGER, A. BRICARD, A. GUILBERT-MARTIN, L. HUVÉ et P. SÉDILLE.

Classe 67 : Papiers peints.

M. E. ARMENGAUD.

Classe 71 : Céramique.

M. G. DUPARC.

Classe 72 : Cristaux, Verreries.

MM. L. APPERT, A. BIVER, A. CHARTIER, G. DESPRET, L. LEMAL, G. MAËS, MULAT et L. RENARD.

Classe 73 : Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation.

MM. G. ANCEAU, L. D'ANTHONAY, A.-G. GODILLOT, P. GROUVELLE, I. HAILLOT, M. PERRET, J. PIET et J. PILLET.

Classe 74 : Appareils et procédés d'éclairage non électrique.

MM. E. CORNUAULT, P. JEAN, E. LEBON et L. LUCHAIRE.

Groupe XIII : Fils, Tissus, Vêtements. — *Classe 75 : Matériel et procédés de la filature et de la corderie.*

MM. A. DOUMERC, A. DUBOUL, J. IMBS et E. SIMON.

Classe 76 : Matériel et procédés de la fabrication des tissus.

MM. BUXTORF et G. DENIS.

Classe 77 : Matériel et procédés du blanchiment, de la teinture, de l'impression et de l'apprêt des matières textiles à leurs divers états.

MM. H. BOUCHERON, H. DAVID, A. DECAUX et P. DEHAITRE.

Classe 79 : Fils et tissus de coton.

M. A. WALLAERT.

Classe 80 : Fils et tissus de lin, de chanvre, Produits de la corderie.

MM. E. AGACHE et H. BOURUET-AUBERTOT.

Classe 81 : Fils et tissus de laine.

MM. Ch. MARTEAU, G. REYNAUD et A. WALBAUM.

Classe 83 : Dentelles, broderies, passementerie.

MM. A. Loreau et E. Neveu.

Groupe XIV : Industrie chimique. — *Classe 86 : Arts chimiques et pharmacie.*

MM. A. de Bonnard, Ch. Brigonnet, E. Collin, H. Deutsch, Ch. Lorilleux, E. Michaud, Ch. Noel et A. Poirrier.

Classe 87 : Fabrication du papier.

MM. A. Blanchet, P. Chouanard, P. Darblay et A. Kaindler.

Classe 88 : Cuirs et peaux.

M. E. Bérendorf.

Groupe XV : Industries diverses. — *Classe 92 : Coutellerie.*

M. R. Chéron.

Classe 93 : Orfèvrerie.

M. de Ribes-Christofle.

Classe 95 : Horlogerie.

MM. E. Chateau et J. Japy.

Classe 96 : Bronze, fonte et ferronnerie d'art, Métaux repoussés.

M. A. Jaboeuf.

Classe 98 : Industrie du caoutchouc et de la gutta-percha, Objets de voyage et de campement.

M. E. Cauvin.

Groupe XVI : Économie sociale. Hygiène, Assistance publique. — *Classe 100 : Apprentissage, protection de l'enfance ouvrière.*

MM. L. Durassier, P. Mahler, F. Mangini et G. Richou.

Classe 104 : Sécurité des ateliers, réglementation du travail.

MM. A. Bonnaud, G. du Bousquet, E. Deharme, P. Le Gavrian et A. Wurgler.

Classe 105 : Habitations ouvrières.

MM. J. Bourdais, H. Bunel, G. Grosclaude et Ch. Janet.

Classe 108 : Institutions de prévoyance.

M. E. Leclerc.

Classe 110 : Hygiène.

MM. J. Berlier, A. de Dax et J. Henrivaux.

Classe 111 : Assistance publique.

M. F. Honoré.

Groupe XVII : Colonisation. — *Classe 112 : Procédés de colonisation.*

M. E. Chabrier.

Classe 113 : Matériel colonial.

MM. M. Bel, E. Recopé et J. Rueff.

Groupe XVIII : Armées de terre et de mer. — *Classe 115 : Armement et matériel de l'artillerie.*

MM. A. Brustlein, G. Canet et J. Werth.

Classe 116 : Génie militaire et services y ressortissant.

MM. E. Barrier et L. Parent.

Classe 117 : Génie maritime, travaux hydrauliques, torpilles.

MM. L. Baclé et M. Geny.

Classe 119 : Services administratifs.

M. J. Prevet.

Classe 120 : Hygiène et matériel sanitaire.

M. P. Lequeux.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 NOVEMBRE 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture d'une lettre de M. O. de Rochefort corrigeant quelques erreurs d'impression qui se sont glissées dans le compte rendu de sa communication de la dernière séance.

Ces erreurs sont comprises entre la ligne 41 de la page 218 et la troisième ligne de la page 219 du fascicule du procès-verbal de la séance du 5 novembre courant; la rédaction correcte est la suivante :

« *(Fig. 1)*, *l'inducteur* est le même que dans une bobine de Ruhmkorff; il se compose d'un noyau de fer doux *d*, autour duquel s'enroule une double couche de gros fil de cuivre *ee'* qui aboutit aux deux bornes *a* et *a'* du courant primaire. Un tube *f* isolant entoure le faisceau inducteur. *L'induit* est composé d'une seule bobine *g* comportant 600 grammes de fil de cuivre 16/100.

« Cette bobine *induite* est placée dans la région médiane de *l'inducteur*, etc. »

Les mots en italique sont les mots corrects qui doivent remplacer ceux qui sont erronés dans le dernier procès-verbal (1).

A la liste des membres de la Société qui font partie des jurys de l'Exposition de 1900, il faut ajouter les noms des Collègues suivants qui ne figurent pas au procès-verbal du 5 novembre :

Groupe V : Électricité. — Classe 23. Production et utilisation mécaniques de l'Électricité, M. E. Hospitalier.

Groupe IX : Forêts, chasse, pêche, cueillettes. — Classe 54. Engins, instruments et produits des cueillettes, M. L. François.

Groupe X : Aliments. — Classe 55. Matériel et procédés des industries alimentaires, M. F. Fouché.

Groupe XI : Mines, métallurgie. — Classe 64. Petite métallurgie, M. P. Larivière.

Groupe XVI : Économie sociale, Hygiène, Assistance publique. — Classe 108. Institutions de prévoyance, M. E. Leclerc.

Groupe XVII : Colonisation. — Classe 113. Matériel colonial, M. M. Bel.

Enfin à la liste déjà longue des récompenses obtenues à l'Exposition de Bruxelles, on doit également ajouter MM. Larivière et Cie, qui ont obtenu deux grands prix et un diplôme d'honneur.

Sous la réserve de ces corrections, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

(1) Les Errata signalés ci-dessus ont été rectifiés dans l'impression du présent *Bulletin*.

M. le Président fait donner lecture d'une lettre de M. Amiot, dont la communication précédemment inscrite pour cette séance a dû être reculée à la suivante par suite de l'importance des matières inscrites à l'ordre du jour.

» Asnières, le 18 novembre 1897.

» Monsieur le Président,

» La communication que je devais faire aujourd'hui à notre Société la *Construction des souterrains par la méthode du bouclier*, ayant dû être remise à une date ultérieure par suite de la modification de l'ordre du jour, je vous serais reconnaissant de constater officiellement qu'annoncée au *Bulletin* depuis longtemps déjà, elle ne doit être considérée ni comme l'analyse, ni comme l'extrait d'un ouvrage sur le même sujet que vient de faire paraître un Ingénieur des Ponts et Chaussées. Sans le concours de diverses circonstances qui l'ont fait remettre, elle eût certainement été faite à notre Société avant la publication de l'ouvrage, d'ailleurs fort intéressant, auquel je fais allusion et avec lequel traitant le même sujet et quelquefois documenté aux mêmes sources, je me rencontre forcément, ce qui — en raison des dates — pourrait faire naître une équivoque que je tiens par avance à dissiper.

» Avec tous mes remerciements, veuillez agréer, etc.

» J.-A. Amiot. »

M. le Président a le regret de faire part des décès suivants :

M. Durand, Émile-Marie, Membre de la Société depuis 1881, a été Directeur de la Compagnie Française des mines de diamants du Cap et Ingénieur-adjoint de la Compagnie générale des mines d'or;

M. Goldenberg, Alfred, Membre de la Société depuis 1869, ancien manufacturier, a été député de Saverne au Reichstag et industriel, officier de la Légion d'honneur;

M. Lévêque, Alfred, Membre de la Société depuis 1880, a été Ingénieur de la Société John Cockerill et Ingénieur-constructeur;

M. Mollet-Fontaine, Firmin, Membre de la Société depuis 1874, a été Ingénieur-constructeur;

M. Lafargue, Jean-Fernand, Membre de la Société depuis 1896, a été officier d'artillerie, directeur de papeteries, puis administrateur-délégué de la Société d'Éclairage électrique.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes de deux de nos Collègues :

M. Ch. Somasco, a été nommé officier de l'Instruction publique;

M. G. Despret a été nommé officier d'Académie.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement :

De MM. Bechmann et Launay, une notice dont ils sont les auteurs, sur *les travaux de l'aqueduc et du parc agricole d'Achères;*

De MM. Baudry et Cie, éditeurs, *La traction mécanique des tramways. Étude des différents systèmes. Comparaison et prix de revient* par Raymond Godfernaux;

De M. G.-L. Pesce, *La navigation sous-marine*, ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de la Marine français;

De M. E. Cacheux, un exemplaire d'une *Étude sur quelques problèmes de l'habitation concentrée*, due à M. E. F. Potter, Ingénieur américain.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. Lavezzari pour présenter *l'Aide-Mémoire de l'Ingénieur*, offert à la bibliothèque par MM. Bernard et Cie, éditeurs.

M. A. LAVEZZARI rappelle que plusieurs éditions de *l'Aide-Mémoire de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien* ont déjà paru et que celle qu'il présente aujourd'hui en est la onzième.

Cet ouvrage n'était, à l'origine, qu'une traduction de l'aide-mémoire allemand de Uhland; notre regretté Collègue Cl. de Laharpe a pris soin, dans huit éditions successives, de le franciser en quelque sorte en y introduisant des renseignements et des calculs répondant mieux aux exigences de notre industrie nationale.

Ensuite MM. Barré, Vigreux et Bouquet ont assumé la tâche difficile de continuer et de perfectionner encore l'œuvre de leur devancier et l'édition qui nous est présentée aujourd'hui ne ressemble guère à la première de 1881.

M. Lavezzari ne peut citer tous les chapitres intéressants qui s'y trouvent développés et qui embrassent toutes les branches de l'art de l'Ingénieur; il veut seulement signaler les dernières améliorations qui ont été apportées.

Un chapitre très complet sur la brasserie a été rédigé par M. A. Fernbach, docteur ès sciences, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur; un autre sur la distillerie est dû à la plume de M. Grobat; les questions d'électricité ont été largement développées; on y trouvera notamment des renseignements très complets sur les démarches à faire et les documents à produire pour obtenir l'autorisation de poser sur les routes des conducteurs pour la transmission de l'énergie électrique.

Les règles pour l'exécution des nouveaux filetages de la Société d'Encouragement y sont reproduites en entier.

Un chapitre spécial traite de la balistique et de la construction des bouches à feu.

L'automobilisme même n'a pas été oublié. Enfin une nouveauté dans ces sortes d'ouvrages, qui rendra certainement bien des services, termine le volume; c'est un lexique en trois langues des termes techniques les plus employés.

Tel qu'il est actuellement, ce formulaire général de l'art de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien répond bien à son titre par la variété des sujets qu'il traite; il fait grand honneur à ses auteurs qui, pour la plupart, sont de nos Collègues.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lavezzari de l'exposé qu'il vient de faire de cet aide-mémoire utile à tous les praticiens.

Avant de donner la parole aux auteurs des communications inscrites à l'ordre du jour, M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que, pour la première fois depuis notre installation dans le nouvel hôtel, le plancher

de la salle a été disposé avec l'inclinaison qui a paru la plus convenable à la Commission, et il invite ses Collègues à apprécier et à donner leur opinion sur la disposition adoptée.

M. LE PRÉSIDENT profite de cette occasion pour dire quelques mots de la nouvelle décoration de la salle, qui sera bientôt terminée.

Il est heureux d'annoncer que M. le Ministre de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts a fait don à la Société du monument Giffard, qui sera exécuté par un sculpteur renommé, M. A. Massoulle.

Ce monument, constitué par un buste placé sur un socle décoré de figures allégoriques appropriées, sera d'un très bel effet, d'autant que l'on pourra utiliser pour lui faire pendant le buste en marbre de Flachat que possède la Société et qui sera placé sur un socle que le même artiste voudra bien étudier en même temps que le monument Giffard.

M. LE PRÉSIDENT a adressé à M. le Ministre de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts les remerciements de la Société pour l'offre gracieuse qu'il lui avait faite de ce monument. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. Langlois pour sa communication sur *les conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey* (2e partie).

M. L. LANGLOIS expose que la deuxième partie de sa communication traitera de la « Recherche des règles à suivre dans la construction d'un barrage en maçonnerie ».

Elle se subdivisera en quatre sections distinctes :

1° Choix du terrain de fondation et fixation de la digue sur le sol ;

2° Choix des matériaux constitutifs et mode de construction ;

3° Etablissement du profil ;

4° Forme en plan à donner à un barrage.

PREMIÈRE SECTION : CHOIX DU TERRAIN DE FONDATION ET FIXATION DE LA DIGUE SUR LE SOL.

a) *Choix du terrain de fondation.* — M. L. Langlois estime qu'il ne faut établir un barrage en maçonnerie que sur un roc vif et compact. Cette règle était, d'ailleurs, professée antérieurement à la construction du barrage de Bouzey.

b) *Fixation de la digue sur le sol.* — M. L. Langlois critique l'assise curviligne préconisée par M. Maurice Lévy, comme étant difficile à réaliser et peut-être inefficace.

Il recommande la forme plane, que l'on peut disposer de deux façons, suivant que la compacité de la roche de fondation règne sur une épaisseur plus ou moins considérable.

Dans le premier cas, on peut incliner la base, en la disposant en escalier montant de l'amont vers l'aval.

Dans le second, on doit se contenter de la disposition suivant un plan horizontal, ou montant légèrement de l'amont vers l'aval, et assurer la bonne liaison avec le sol à l'aide de parafouilles.

Dans les deux cas, notre Collègue recommande l'emploi de bornes (pierres longues verticales) reliant les parties inférieures de l'assise au corps même de l'ouvrage.

DEUXIÈME SECTION : CHOIX DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS ET MODE DE CONSTRUCTION.

a) *Choix des matériaux constitutifs.* — Pour un travail aussi important qu'un barrage et, disons le mot, aussi dangereux, il est prudent de n'employer que des matériaux très résistants.

Quand on n'a à sa disposition que des matériaux de second choix, on peut, à la rigueur, s'en contenter ; mais il faut alors grossir le profil en conséquence.

En toute occasion, la prohibition du sable fin s'impose ; car un sable de ce genre donne un mortier peu résistant et très perméable.

M. L. Langlois recommande expressément des essais préalables complets de tous les matériaux employés.

b) *Mode de construction. — Manière d'assiser.* — Comme conséquence de la théorie des lignes isostatiques d'un point quelconque, dans un corps prismatique homogène, M. Maurice Lévy préconise les assises curvilignes suivant des arcs de cercle normaux aux deux parements.

M. L. Langlois critique cette manière d'opérer :

D'abord, parce qu'elle présente une difficulté pratique sérieuse ;

Ensuite, à cause de son inefficacité probable.

Les exemples de cisaillement constatés à Bouzey montrent, en effet, que le mouvement ne s'est pas produit suivant les plans d'assises, qui étaient horizontaux, mais bien suivant des lignes en escalier, descendant de l'amont vers l'aval.

M. L. Langlois recommande donc les assises horizontales, bien plus faciles à réaliser.

Mode de consolidation. — Pour combattre efficacement les efforts de glissement transversal. notre Collègue préconise :

D'une part, le choix de sections transversales judicieusement calculées ;

D'autre part, l'emploi de nombreuses bornes (pierres longues verticales) disposées en quinconce dans la masse de la maçonnerie.

Mode général de construction. — La construction d'une digue courbe. à une ou plusieurs branches, exige souvent plusieurs campagnes ; et si, comme il est d'usage, on fractionne l'ouvrage en hauteur, il se présente les inconvénients suivants :

Premièrement : Les reprises des maçonneries peuvent constituer des points faibles, surtout si les interruptions hivernales ont été caractérisées par des froids un peu rigoureux. (La grande cassure de Bouzey coïncide avec la reprise de 1880, bien que ce point ne soit pas celui de plus grande fatigue.)

Deuxièmement : L'arc inachevé peut se fissurer en hiver, puisque aucune poussée d'eau ne vient s'exercer à l'amont.

Troisièmement : Il en est de même de l'arc terminé, car il est souvent difficile et dangereux de mettre de l'eau dans le réservoir pendant l'hiver qui suit l'achèvement du barrage.

M. L. Langlois préconise le fractionnement en largeur, permettant l'exécution complète de chacune des parties en une seule campagne.

La forme qu'il donne audit fractionnement en largeur a les avantages suivants :

Premièrement : Elle supprime les reprises horizontales particulièrement dangereuses ;

Deuxièmement : Elle évite les fissurages dus aux contractions ;

Troisièmement : Elle facilite le remplissage, au moins partiel, du réservoir, pendant le premier hiver qui suit la terminaison de la digue.

TROISIÈME SECTION : ÉTABLISSEMENT DU PROFIL.

a) *Critique générale du mode de calcul des barrages.* — Le principe de la déformation plane, probablement inexact dans les corps homogènes et de sections modérées, le devient certainement quand on l'applique à des maçonneries épaisses et nécessairement hétérogènes.

D'un autre côté, le calcul d'une tranche de 1 *m*, supposée indépendante, est une nouvelle cause d'erreur ; puisqu'une tranche, dans une digue droite ou courbe, ne se comporte pas de la même façon que si elle était libre.

On doit donc :

D'une part, considérer les résultats du calcul comme de simples indications ;

D'autre part, se tenir bien loin des coefficients dangereux.

b) *Danger d'un fissurage horizontal de l'amont.* — Si un joint horizontal s'ouvre à l'amont d'un barrage, l'eau s'introduit dans la fissure ainsi formée et y développe deux sous-pressions égales et de sens contraires.

La section horizontale contenant la fissure voit seule se modifier les conditions de travail de ses éléments ; mais cette modification est très accentuée.

Aussi, la formation d'une fissure à l'amont constitue-t-elle un véritable danger.

c) *Première précaution à prendre pour éviter le danger d'un fissurage de l'amont (profil).* — Elle consiste à donner au profil une importance correspondant à la résistance des matériaux constitutifs.

M. Maurice Lévy estime que le profil doit être calculé de façon que chaque joint de l'amont subisse une pression supérieure à celle qu'exercerait l'eau dans une fissure en ce point.

M. L. Langlois croit qu'il est inutile d'aller aussi loin et il pense qu'une compression, même faible, suffit pour annuler les effets dangereux d'une fissure, en empêchant la formation de sous-pressions spéciales appréciables.

En conséquence, il pense que, pour des matériaux de premier choix, la méthode ordinaire de calcul doit donner :

A l'aval, une compression ne dépassant pas 6 kilogrammes ;

A l'amont, une compression n'allant pas au-dessous de 1 kilogramme.

Avec des matériaux de moindre qualité, il faudrait :

Diminuer le coefficient d'aval ;

Augmenter celui d'amont ;

proportionnellement au rapport entre les coefficients de résistance des matériaux employés et ceux des matériaux de premier choix.

d) *Deuxième précaution à prendre pour éviter le danger d'un fissurage de l'amont (mur de garde).* — Elle consiste dans l'emploi d'un mur de garde spécial, masquant la paroi amont du barrage.

Imaginée par un Conducteur des Ponts et Chaussées, cette disposition a été perfectionnée par M. Maurice Lévy; et, en dernier lieu, M. L. Langlois lui a fait subir une nouvelle modification dans le but d'empêcher les infiltrations de se produire dans le corps même du barrage.

Pour cela, il sépare le mur de garde des pilastres formant puits à l'aide de bandes de tôle, interposées entre ces éléments. Des ancrages, échelonnés en hauteur, fixent bien le mur de garde au massif principal.

De cette façon, l'eau du réservoir ne peut entrer :

Ni dans une fissure de l'amont, s'il vient à s'en produire;

Ni dans la masse même du mur.

QUATRIÈME SECTION. — FORME EN PLAN A DONNER A UN BARRAGE.

a) *Rôle favorable de la forme en arc.* — M. L. Langlois montre :

Premièrement : Que l'élasticité transversale d'un barrage conduit à des allongements et raccourcissements, ayant leur maximum au couronnement et diminuant de plus en plus, au fur et à mesure qu'on descend, pour s'annuler complètement à la base, fixée au sol de fondation;

Deuxièmement : Que les variations de température exigent des allongements et raccourcissements variant de la même façon, sinon tout à fait dans les mêmes proportions.

Il en conclut que, pour un profil donné, il doit exister une forme en arc susceptible d'empêcher la formation des fissures dues aux contractions de la maçonnerie par le froid ; pourvu qu'une poussée de l'eau à l'amont vienne mettre en jeu l'élasticité transversale.

b) *Relation entre le profil et le degré de courbure de l'arc.* — Il est certain que l'élasticité transversale et, par suite, la hauteur du profil sont intimement liées avec la courbure nécessaire à l'annulation du fissurage transversal de l'arc.

Plus la hauteur est grande, moins la courbure de l'arc doit être accentuée et réciproquement.

c) *Choix de la forme en arc à employer.* — Il en résulte que, dans une vallée de faible largeur, l'arc à une seule branche peut suffire. Mais l'arc à plusieurs branches s'impose quand il faut barrer une vallée de grande largeur.

M. L. Langlois expose qu'il a emprunté cette idée à M. Maurice Lévy (Mémoire de 1895, à l'Académie des Sciences).

d) *Dimensions rationnelles d'un arc à plusieurs branches.* — Une conséquence supplémentaire a été tirée par M. L. Langlois du principe précédent.

La hauteur du profil diminuant, du point le plus bas de la vallée vers les côtés, l'élasticité transversale subit une variation analogue. Il en résulte que la courbure des branches de l'arc doit aller en croissant, du centre vers les culées extrêmes.

En donnant aux différentes branches la même flèche, pour avoir un alignement droit à l'amont, on arrive à ce résultat :

En appliquant la plus grande corde à l'arc correspondant au plus grand profil :

En diminuant la corde des arcs latéraux ; et cela, de plus en plus, au fur et à mesure qu'on se trouve dans des régions moins hautes. Les cordes minima correspondront ainsi aux arcs extrêmes.

e) *Dimensions des différentes sections transversales.* — M. L. Langlois montre que, contrairement à ce que l'on a l'habitude de faire, il serait préférable de renforcer les sections du centre vers les culées; et cela :

D'abord, pour se rapprocher davantage du solide d'égale résistance;

Ensuite, pour empêcher toute rotation des arcs aux culées; en donnant à celles-ci une plus grande largeur d'appui.

Telles sont les conclusions auxquelles arrive M. L. Langlois dans la seconde partie de sa communication.

Il termine en annonçant que, dans des séances ultérieures, il présentera un mode de calcul rationnel des barrages en arc, à une ou plusieurs branches.

M. LE PRÉSIDENT pense qu'il ne faut pas ouvrir aujourd'hui une discussion partielle sur la communication de M. Langlois et qu'il est préférable d'attendre la discussion générale qui aura lieu lorsqu'il aura exposé la troisième partie de son étude.

Aujourd'hui, il se fait un plaisir de remercier notre Collègue de l'important et très intéressant travail qu'il a si clairement exposé.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Auguste Moreau pour présenter une analyse du *Nouveau traité de machines-outils*, de notre Collègue M. Gustave Richard.

M. Auguste MOREAU expose que cet ouvrage a été conçu par M. Richard à la suite d'un voyage en Amérique. L'auteur, ayant reçu une mission officielle du Gouvernement à l'Exposition de Chicago, fut frappé du grand nombre de types intéressants, dont quelques-uns absolument remarquables, produits dans ces dernières années par les Américains. De là lui vint l'idée de les réunir en les comparant aux machines européennes et surtout françaises, et d'écrire un Traité complet sur la matière, pouvant rendre quelques services aux Ingénieurs et industriels français pour lesquels les machines américaines et anglaises sont souvent insuffisamment connues.

L'ouvrage se compose de deux forts volumes à grand format. Le premier comprend : le tour, l'alésoir, les raboteuses, l'étau-limeur et les perceuses; le second : les fraiseuses, les machines à tailler les roues, les meules, le taraudage, les machines à vis, les machines spéciales, les machines combinées, le petit outillage; il se termine par un supplément décrivant les quelques machines importantes parues pendant l'impression de l'ouvrage.

Tout d'abord, ce travail se distingue par l'ordre, la méthode, la clarté, qui sont les caractéristiques de tous les ouvrages du même auteur et se traduisent dans les moindres détails. Ainsi, les nombreuses figures qui accompagnent le texte sont toutes accompagnées de légendes qui en rendent la compréhension beaucoup plus facile et permettent d'en simplifier la description. Ce serait, à notre avis, un bon exemple à suivre dans tous les ouvrages analogues, pour la plus grande commodité des lecteurs.

Puis, en dehors des grands sujets ci-dessus indiqués, le Traité se subdivise en un certain nombre de livres consacrés chacun à l'étude d'une classe importante de machines: chacun de ces livres est lui-même divisé

en trois chapitres traitant d'abord de l'ensemble de ces machines, puis de leurs détails de construction, et enfin, de leur travail et de leur outillage; de la sorte, le lecteur, mis au courant du fonctionnement et de l'utilisation générale des machines par leurs descriptions d'ensemble, pourra plus facilement apprécier les détails et en comprendre les applications courantes. La consultation de l'ouvrage est rendue des plus commodes par ce moyen et par une table alphabétique.

M. Auguste Moreau passe alors en revue les différents chapitres de ces deux volumes, en signalant les remarques les plus essentielles à faire sur chacun d'eux et les engins les plus caractéristiques de chaque famille. C'est ainsi qu'il insiste sur certains tours, sur l'usage de plus en plus répandu et de plus en plus précieux de la fraise, de la meule, etc.

Puis il conclut en disant que, par ce qui précède, on peut se rendre compte de l'étendue et du mérite de ce travail, le plus complet qui ait été fait à ce jour. M. G. Richard, dont la compétence comme mécanicien est universellement reconnue, est en même temps un encyclopédiste convaincu. Le nombre des ouvrages qu'il a écrits, et qui tous, font autorité, est déjà fort important et remplit un bon rayon de notre bibliothèque. Mais le Traité actuel est, jusqu'à ce jour, le couronnement de son œuvre; c'est un travail particulièrement précieux, dans lequel il a vulgarisé à dessein un grand nombre de machines américaines ou anglaises peu connues de nos compatriotes et qui ont atteint un haut degré de perfection.

Sans exagération comme sans flatterie, on peut donc dire que M. Richard s'est surpassé lui-même, qu'il a érigé un véritable monument destiné à rendre de réels services à l'industrie nationale. Il a droit à des remerciements tout particuliers pour avoir bien voulu en faire hommage à la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président tient à confirmer les éloges que M. Auguste Moreau vient de faire de l'ouvrage de M. Gustave Richard; ils sont pleinement mérités, comme chacun de nous s'en convaincra en le parcourant. Aussi, tout en félicitant l'auteur de son travail, il remercie vivement M. Auguste Moreau de l'avoir spécialement signalé à ses Collègues.

Avant de donner la parole à M. Jeantaud, M. le Président rappelle que la primeur de la communication qu'il va nous faire du *Rapport du concours des Poids lourds organisé par l'Automobile-Club de France* a été réservée à notre Société par une faveur toute spéciale de l'*Automobile-Club* à laquelle notre Société se montrera très sensible; il remercie ensuite M. le baron E. de Zuylen de Nyevelt, Président de l'Automobile-Club, et M. G. Forestier, Président du concours, d'avoir bien voulu venir prendre place à ses côtés pour assister à cette communication.

La parole est à M. Jeantaud pour le *Rapport du concours des Poids lourds organisé par l'Automobile-Club de France.*

M. Ch. Jeantaud donne lecture du rapport du concours des véhicules automobiles sur routes, servant aux transports publics, qui a été organisé par l'Automobile-Club de France, dont le but est de développer l'industrie automobile. MM. G. Forestier, Inspecteur général des Ponts

et Chaussées, Président de la Commission, et le comte G. de Chasseloup-Laubat, Secrétaire, ont été chargés de la rédaction de ce rapport.

Quinze véhicules étaient engagés : quelques-uns n'ont pu être prêts en temps opportun, d'autres ont dû renoncer ; sept seulement ont accompli toutes les épreuves du concours. Ces sept véhicules se décomposaient ainsi :

VÉHICULES AUTOMOTEURS POUR SERVICE DE VOYAGEURS :

N° 1 *Omnibus Scotte* . . . . . Moteur à vapeur.
N° 2 *Omnibus de Dion et Bouton* . . . — —
N° 3 *Omnibus Panhard et Levassor* . . — à pétrole.

VÉHICULE A BOGGIE MOTEUR POUR SERVICE DE VOYAGEURS :

N° 4 *Pauline de Dion et Bouton* . . . . Moteur à vapeur.

VÉHICULE AUTOMOTEUR EN REMORQUANT D'AUTRES :

N° 5 *Train à voyageurs Scotte* . . . . Moteur à vapeur.

VÉHICULE AUTOMOTEUR POUR MARCHANDISES :

N° 6 *Camion de Dietrich* . . . . . Moteur à pétrole.

VÉHICULE AUTOMOTEUR EN REMORQUANT D'AUTRES :

N° 7 *Train à marchandises Scotte* . . . Moteur à vapeur.

Le tableau suivant donne la force des moteurs, la vitesse, la charge utile et le poids total :

VÉHICULES	FORCE en chevaux-vapeur	VITESSE COMMERCIALE	POIDS TOTAL	CHARGE UTILE
Omnibus Scotte.	14	11 *km*	6 450 *kg*	1 200 *kg*
Omnibus de Dion, Bouton	25	14	6 160	1 120
Omnibus Panhard et Levassor . . .	12	10	3 400	1 000
Pauline de Dion, Bouton.	35	10	9 910	2 500
Train à voyageurs Scotte.	16	10	9 500	2 500
Camion de Dietrich	6,5	9	2 500	1 200
Train à marchandises Scotte	16	7	11 750	4 200

Le concours a eu lieu au mois d'août dernier, sur trois itinéraires partant de la Place d'Armes de Versailles ; chacun des véhicules ci-dessus a accompli deux fois chaque parcours en six jours, durée du concours.

Des commissaires choisis parmi les membres de la Commission et de l'Automobile-Club, accompagnaient chacun des véhicules pendant toute la durée des épreuves ; ils étaient chargés :

1° De noter les consommations (y compris graissage, allumage, etc.) ;

2° De chronométrer les parcours en paliers et en côtes.

3° De noter, dans chaque cas, les longueurs que les véhicules parcourraient avant l'arrêt complet, sous l'action du frein.

4° De donner leurs appréciations sur les véhicules, en tenant compte de la facilité de conduite, de la marche en avant ou en arrière, de la sécurité, du confortable, de la facilité des réparations, leur fréquence et leur importance et de la fréquence du ravitaillement.

Les rapports des commissaires, qui se sont tous montrés pleins de zèle, ont servi à déterminer la vitesse commerciale. Les constatations des consommations de combustible et d'eau, jointes avec les dépenses que l'on peut considérer comme fixes, telles que : l'amortissement du capital d'achat, le salaire du personnel, le combustible pour l'allumage, le graissage et les chiffons, les frais généraux, ont servi à déterminer le prix de revient.

Le tableau suivant donne le prix de revient kilométrique du transport des voyageurs sans bagages et avec bagages ou 100 *kg* de messagerie, et de la tonne de marchandises, les véhicules étant supposés voyager à pleine charge et à deux tiers de charge.

VÉHICULES	PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE					
	VOYAGEUR sans bagages		Voyageur avec bagages, ou 100 *kg* de messageries		TONNE de marchandises	
	Charge entière	°/₀ de charge	Charge entière	°/₀ de charge	Charge entière	°/₀ de charge
Omnibus Scotte	0,028*f*	0,040*f*	0,038*f*	0,057*f*	»	»
Omnibus de Dion, Bouton	0,022	0,032	0,030	0,045	»	»
Omnibus Panhard et Levassor	0,032	0,046	0,045	0,064	»	»
Pauline de Dion, Bouton	0,017	0,025	0,023	0,034	»	»
Train à voyageurs Scotte	0,018	0,026	0,025	0,036	»	»
Camion de Dietrich	»	»	»	»	0,230*f*	0,317*f*
Train à marchandises Scotte	»	»	»	»	0,206	0,297

Les rapporteurs tiennent à bien établir que les prix de revient ci-dessus, ne s'appliquent qu'à des véhicules circulant sur des itinéraires comparables à ceux du concours, et qu'en pratique ces prix varieraient suivant le profil de la route et l'intensité du trafic.

Ceci dit, et pour établir une comparaison entre le service des automobiles sur routes et les tramways, ils donnent l'exemple suivant :

Le cahier des charges de la concession du tramway électrique de Vals-les-Bains à la gare d'Aubenas stipule les prix suivants :

Grande vitesse :

Voyageurs 1re classe 0,10 *f* par kilomètre avec 30 *kg* de bagages.
» 2me classe 0,06 — — —

Messageries par 20 *kg*, 0,20 *f* par kilomètre; en sus par 10 *kg* ou fraction de 10 *kg*, 0,03 *f* par kilomètre.

Petite vitesse :

Marchandises 1re classe. . . . . 0,40 *f* par kilomètre.
» 2me — 0,32 —
» 3me — 0,30 —
» 4me — 0,25 —

non compris l'impôt dû à l'Etat.

Or, si nous appliquons ce tarif à un service de voitures automobiles, sur une distance de 15 *km* par exemple, et dont le matériel travaillera à deux tiers de charge, nous aurons, pour accomplir ce service :

1° Un véhicule à voyageurs faisant 90 *km* par jour, soit six fois le trajet, portant sept voyageurs; c'est donc un véhicule de dix à douze places dont le coût est de 22 000 *f*;

2° Un véhicule à marchandises faisant 60 *km* par jour, soit quatre fois le trajet, emportant 2 *t*, à chaque voyage; c'est donc un véhicule pouvant transporter 3 *t*, dont le coût est de 20 000 *f*;

3° Enfin une voiture de réserve, soit environ un capital de 65 000 *f*.

Avec ce trafic journalier on aurait, en appliquant le tarif d'Aubenas, une recette de :

42 voyageurs × 0,068 = ...	2,85 *f*
8 *t* × 0,290 = ...	2,32
TOTAL.	5,17 *f*

Soit une recette annuelle de 1 887 *f* par kilomètre, avec lequel un tramway, le plus sagement administré, couvrirait bien juste ses frais d'exploitation et encore, dans ce cas, les communes intéressées auraient à prélever sur leur budget l'intérêt, l'amortissement du capital de premier établissement, qu'on ne saurait évaluer à moins de 30 000 *f* à 4 0/0, soit 1 200 *f* par kilomètre. Il est vrai que l'État leur accorderait une subvention de moitié ou 600 *f*.

Tandis qu'avec cette recette, un service d'automobiles donnerait un bénéfice d'environ 0,80 *f* par kilomètre, soit de 12 *f* par jour, produisant un bénéfice net de 4 380 *f* pour un capital de 65 000 *f*, dont les intérêts ont déjà été compris dans le prix de revient.

On voit donc l'avantage considérable que les collectivités sont appelées à recueillir de la substitution des automobiles sur routes aux tramways sur rails, toutes les fois que le trafic de la ligne à desservir est trop faible pour rémunérer le capital de premier établissement.

M. LE PRÉSIDENT demande si de ces expériences on ne pourrait déjà pas faire ressortir, tant au point de vue de la vitesse que du prix de revient de la tonne kilométrique, une comparaison entre le transport par automobile et par roulage. Il croit savoir qu'on doit arriver à une vitesse presque double et à une dépense réduite d'un tiers, en faveur de l'automobile.

M. Ch. JEANTAUD répond qu'on n'a de comparaison que sur les lignes de tramways concédées. On explique, dans le rapport, que là où un tramway ne pourrait pas tenir, les automobiles réaliseraient un gros bénéfice, et ce bénéfice pourrait être 10 à 15 0/0 du capital engagé. Ce serait donc une très bonne affaire pour les capitalistes, sans compter les allocations que l'État paraît disposé à vouloir accorder au service des voitures automobiles sur route.

M. A. LENCAUCHEZ désirerait savoir quel est le prix de transport en dehors de toute question de vitesse. Il ne veut pas comparer les automobiles aux bateaux pour le transport de marchandises telles que la houille,

par exemple; il veut les comparer aux voitures de roulage. On sait qu'en France, le transport sur route par le roulage ordinaire coûte depuis 0,30 *f* jusqu'à 0.40 *f* par tonne de 1 000 *kg* et par kilomètre; on peut estimer, en moyenne, le transport à 0,35 *f* (1), avec l'amortissement, la nourriture des chevaux, etc. Si on suppose, par exemple, qu'on envoie des marchandises au Mans, à 211 *km* de Paris, aucune ligne fluviale ne permettant d'effectuer ce parcours, il n'y a actuellement que le chemin de fer ou le roulage; le prix du transport par ce dernier moyen serait de 211 × 0,35. Quel serait-il par automobile, en admettant que la question de temps serait sans importance?

M. Ch. Jeantaud. — Le prix de la tonne, par camion de Dietrich, à charge entière, revient à 0,23 *f*, et le prix par les trains Scotte, plus avantageux, revient à 0,20 *f* à la vitesse de 7 *km* à l'heure.

M. A. Lencauchez. — Au lieu de 4 *km* avec le roulage.

M. le Président constate que ces chiffres correspondent bien avec ce qu'il a dit précédemment : qu'on obtient une vitesse double avec un prix de revient des deux tiers.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président remercie M. Jeantaud de sa très intéressante et instructive communication qu'il a si bien présentée.

Il renouvelle ses remerciements à MM. le baron E. de Zuylen de Nyevelt et Forestier qui ont fait profiter la Société d'une étude essentiellement à l'ordre du jour, et il est certain d'être, en cette circonstance, l'interprète de tous ses Collègues.

Il termine en souhaitant tout le succès désirable aux nouvelles épreuves que prépare l'Automobile-Club. *(Vifs applaudissements.)*

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM.

J.-P.-J. Arrachart, D. Beckert, C. Butticaz, P.-Ch. Carré, J. Charignon, J. Cousin, A. Duprat, G. Fettweis, L.-M. Le Marié, P.-O. Lévy-Salvador, L. de Méeus, L. Rey, E.-V. Ronceray, E.-L. Rouquier, R.-M. Schwob, Ph.-L.-A. Serre, J.-F. Timmermans, Ch.-A. Vincent comme membres sociétaires, et M. E.-L. Borderel comme membre associé.

MM. L. Barnoya, P.-Ch. Charbaut, L. Mathieu, G.-E.-E. Scheuter sont reçus membres sociétaires, et M. G.-R. Tourin, membre associé.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

(1) Le transport de la tonne coûte, au plus bas prix, sur nos meilleures routes et chemins 0,25 *f* par kilomètre moyen exceptionnellement.

COMPTE RENDU

DU

VOYAGE DE LA SOCIÉTÉ EN BELGIQUE

du 10 au 15 Septembre 1897

PAR

M. Rodolphe SOREAU

Messieurs, une circonstance fâcheuse à tous égards m'amène à vous entretenir de notre voyage en Belgique. M. Lavezzari, qui s'était chargé de ce soin, est tombé subitement malade ; sollicité de le remplacer, j'ai été pris de court, et ce Compte rendu ne vaudra certes pas l'étude pour laquelle notre Collègue s'était particulièrement documenté. Vous voudrez donc bien vous contenter d'une Notice qui sera pour les uns le rappel, et ne sera pour les autres que le pâle reflet des belles journées passées chez nos hospitaliers voisins.

La plupart d'entre nous sont partis de Paris le vendredi 10 septembre au matin, dans des voitures que la Compagnie du

---

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

qui se sont fait inscrire pour le voyage en Belgique.

MM. Edouard Lippmann, *Président.*
L. Rey, *Vice-Président.*
G. Dumont, —
E. Badois, —
A. Lavezzari, *Secrétaire.*
P. Roger, *Membre du Comité.*
P. Regnard, —
A. Moreau, —

Membres de la Société :

MM.	MM.	MM.
L. Albertini.	L. Bidou (et M^me^).	E. Chabrier.
G. Anceau.	H. Bomert.	A. Chambard.
Ch.-G. Anthoni.	N. Boucher.	F. Clerc.
P. Arbel.	F. Boué (et M^me^).	E. de Clomesnil.
Ch. Beer.	Comte A. de Brochocki.	L. Coiseau.
H.-G. Béliard.	F. Cantero y Villamil.	E. Cormerais.
H. Bernard (et M^me^).	H. Cauchy.	A. Cornaille.

Nord nous avait obligeamment réservées. Cette Compagnie, fidèle à des traditions dont nous lui sommes reconnaissants, avait accordé demi-tarif à l'aller et au retour.

Dès le début, notre voyage se présente sous les meilleurs auspices. Au départ, un ami, gai compagnon sur qui nous n'osions plus compter, veut bien se joindre à nous : le soleil, qui nous fera l'exquise amabilité de nous suivre dans toutes nos excursions. A mi-route, nouvelle surprise, d'autant plus précieuse qu'elle est plus rare : la douane respecte les bagages du Génie civil. Enfin, à l'arrivée, troisième surprise dont la délicate attention nous charme : nos hôtes, les Ingénieurs des Écoles de Bruxelles, de Gand et de Louvain, ont envoyé des délégations à notre rencontre.

Dans l'après-midi, notre Président M. Lippmann, qui a tenu à se mettre à la tête des excursionnistes, se rend avec nombre d'entre nous à l'hôtel Ravenstein, siège de plusieurs Associations savantes et en particulier de la Société des Ingénieurs et Industriels belges. M. Legrand, Vice-Président de cette Société, nous fait les honneurs de l'hôtel, curieux édifice historique situé tout près de Sainte-Gudule. On y prend langue en sablant le champagne.

* * *

Exposition de Bruxelles. — Ceux qui n'ont pu partir le matin nous rejoignent dans la soirée, et c'est au nombre de

MM.	MM.	MM.
J. Dallemagne (et M^me^).	A. Gouilly.	A. Michelin.
V. Damoizeau.	P. Gourdon.	L. Moyaux.
A. de Dax.	A.-G. Guerbigny.	H. Peretmère,
E. Delachanal.	G. Hanarte.	J.-W. Post.
L. Delloye.	P. Hanrez (M^me^ et M^lle^).	L. Potterat.
H. Delsa (et M^me^).	G.-J. Harten.	E. Progneaux.
H. Demolliens.	J.-E. Henry.	A. Raux.
J. Demolon.	E.-Ch. Henry.	L. Renard (et M^me^).
E. Deschamps.	L. Hiard (et M^me^).	A. Résimont.
J. Desforges.	J. de Kannegiesser.	G. Reynaud.
E. van Diest.	A.-S. Lacazette.	M. Rondet (et M^me^).
J. Dietz (et M^me^).	E. Lahaye.	J. Ropsy-Chandron.
J. Dollfus.	L. Langlois.	A. Schil.
P. Ducastel.	V. Langlois.	I. Schoenstein.
A. Durœux.	C. Langrand.	H. Soreau.
E. d'Esménard.	J.-L. Lantz (et M^me^).	K. Sosnowski (et M^me^).
I. Flachat.	A. de Lara.	J. Sussfeld.
M. Fontaine.	P. Lazies.	M. Symons.
L. François.	B. Lebrun.	A. Thomas.
P. Gassaud.	A. Lebrun.	F. Thomson.
J. Gaudry.	P. Lequeux.	J. Urban.
M. Genis (M^me^ et M^lle^).	A. Maroquin.	M. Urban.
L. Geny.	H. Mathyssens.	H. Vaslin (M^me^ et M^lle^).
A. Goblet.	L. Mercier.	L. Vignolle.

100 Ingénieurs français environ, dont plusieurs accompagnés de leur femme, que nous nous réunissons le lendemain dans la Salle des Fêtes de l'Exposition. Les Ingénieurs belges nous y attendent en nombre à peu près égal. Le Président de l'Association de Gand, M. Debeil, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, bien connu par ses beaux travaux sur le cours de la Meuse, nous souhaite la bienvenue : M. Debeil inaugure ainsi, en même temps que notre voyage officiel, la série des vingt à trente discours, toasts et improvisations dont des hommes de science se sont rendus coupables en moins de six journées. M. Lippmann, entouré de MM. Rey, Dumont et Badois, Vice-Présidents, remercie en quelques mots. A M. Debeil qui vient d'exprimer l'espoir que l'Exposition et les visites projetées pourront nous paraître dignes d'intérêt, il répond en montrant les nombreux Collègues qui se sont empressés d'accepter l'invitation cordiale et flatteuse faite à la Société des Ingénieurs Civils de France.

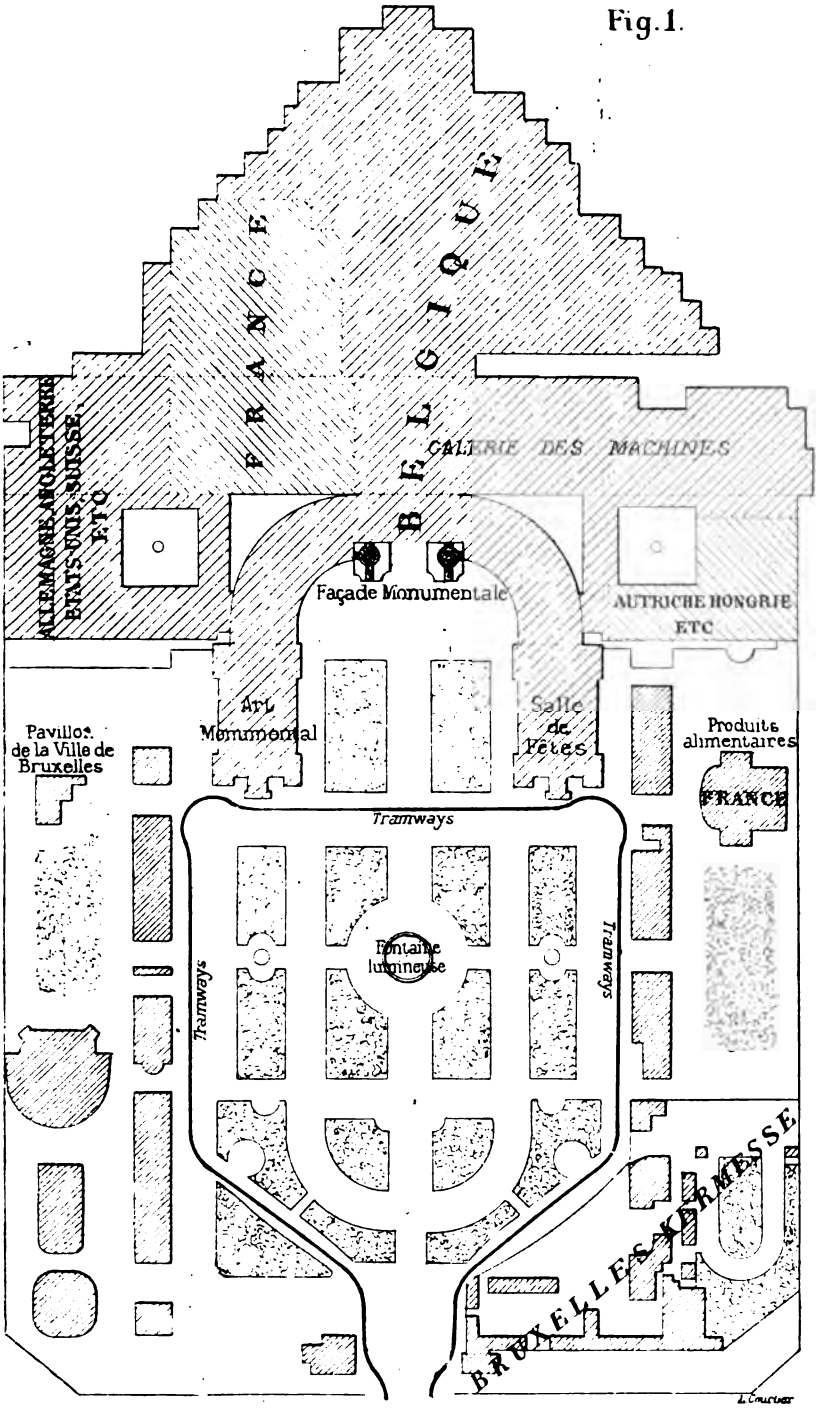
Nous recevons alors des insignes aux couleurs belges et françaises, ainsi qu'un commode carnet à souches, véritable carnet de chèques qui nous donnera entrée dans les trains, dans les tramways, voire même dans les vapeurs mis à notre disposition. Ensuite on nous remet des lettres d'invitation personnelles à un raout offert le surlendemain par notre Collègue M. Léon Somzée, Ingénieur honoraire des Mines ; puis, divisés par groupes et conduits par les Ingénieurs belges, nous commençons la visite de l'Exposition, visite bientôt interrompue par l'heure du déjeuner.

C'est au Chien-Vert, dans ce pittoresque et charmant Bruxelles-Kermesse, un des clous de l'Exposition, que se retrouvent les 200 excursionnistes. Le Chien-Vert est la reconstitution de l'ancien hôtel de Nassau ; la salle qui nous réunit forme comble élevé avec poutres apparentes d'une grande élégance de lignes. Est-il besoin de dire que pendant ce déjeuner, fort bien ordonnancé, la cordialité, très franche dès l'abord, est allée crescendo ?

En quittant la table, nous nous promenons dans Bruxelles-Kermesse, où sont reconstitués en staff les plus curieux spécimens d'architecture du Bruxelles disparu. Nous admirons l'originalité des vieilles façades, l'imprévu des ruelles tortueuses, le pittoresque des places où les inscriptions des fontaines et des statuettes témoignent de l'esprit joyeux des ancêtres. Puis, traversant le Grand Parc, nous regagnons les parties plus techniques de l'Exposition *(fig. 1)*.

Ce parc est un carré de 36 hectares, qu'éclairent le soir les

Fig. 1.


FRANCE
BELGIQUE
ALLEMAGNE, HOLLYWOOD
ETATS-UNIS, SUISSE
ETC
GALERIE DES MACHINES
Façade Monumentale
AUTRICHE HONGRIE
ETC
Art
Monumental
Salle
de
Fêtes
Produits
alimentaires
FRANCE
Pavillon
de la Ville de
Bruxelles
Tramways
Tramways
Tramways
Fontaine
lumineuse
BRUXELLES-KERMESSE
L. Courtier

portiques à globes jaunes et rouges vus sur nos boulevards pendant la réception de l'Empereur de Russie. Au centre se dresse le groupe des Chimères de la Fontaine lumineuse ; à droite et à gauche s'élèvent des établissements coquets et originaux : tel, le restaurant automatique, où les pièces de dix centimes font couler à flots café et chocolat, tandis qu'un orchestre débite son répertoire non moins automatiquement. Parfois les constructions semées dans le parc sont des chefs-d'œuvre de haut style, comme le Pavillon de la Ville de Bruxelles, qui reproduit, dans une de ses parties les plus remarquables, l'ancien palais des princes de Nassau. Par contre, les bâtiments de l'Exposition proprement dite, à peine vus le matin dans la hâte de l'arrivée, ne recueillent pas tous nos suffrages ; si l'on trouve la vaste colonnade qui les précède d'un bel effet décoratif, on goûte moins l'arcade monumentale et surtout le quadrige sans relief qui la surmonte. Je rappelle ces critiques avec d'autant plus d'aisance que l'Exposition de Bruxelles dans son ensemble, et plus spécialement les parties qui se rapportent à l'Art de l'Ingénieur, font sur tous la plus heureuse impression. La Belgique, en particulier, nous y montre l'état florissant de son industrie, qui entre pour une si large part dans sa prospérité.

Les bâtiments principaux forment, au fond du carré dessiné par le parc, un vaste triangle ayant à sa base la colonnade dont j'ai parlé. La Belgique occupe plus de la moitié de ce triangle, et la France un espace presque égal à celui des autres puissances réunies. De plus, notre pays expose dans un pavillon spécial ses produits d'alimentation et notamment ses céréales, ses vins et ses cognacs. L'Algérie est la seule de nos colonies qui soit dignement représentée ; dans son pavillon mauresque, gardé par des spahis, elle étale complaisamment ses richesses, en belle fille des tropiques : vins, céréales, huiles de Kabylie, tabac, alfa, liège, sans oublier ses fameux phosphates ; l'exposition de l'Art algérien est aussi très remarquée.

La simple constatation de l'espace occupé par la France suffirait à indiquer quelle part nous avons prise à l'Exposition belge ; mais je n'exprimerais certes pas le sentiment unanime si je n'ajoutais, — et je n'éprouve aucun embarras à le dire, — qu'en outre la section française s'est distinguée par son goût, son élégance... et une ponctualité qui n'est pas sans mérite, puisque nous étions les seuls complètement prêts au jour de l'ouverture officielle. Il convient d'en féliciter plus spécialement notre Col-

lègue M. Jacques Hermant, à qui le Gouvernement avait confié la direction générale : en cela je suis assuré d'être l'interprète des nombreux exposants que compte notre Société.

* * *

Galerie des Machines. — La Galerie des machines, but principal de notre visite, est située derrière la colonnade. Elle a été construite en collaboration par la Société Cockerill et par les Usines de Braine-le-Comte ; MM. de Naeyer et C^ie^, de Willebroeck, ont fourni et installé les chaudières, la tuyauterie, les machines à vapeur et les arbres de transmission pour le service général de la force motrice. J'ajoute ici que les services électriques des Expositions de Bruxelles et de Tervueren ont été confiés à la Société d'Électricité de Bruxelles-Exposition, association de maisons bien connues parmi lesquelles je citerai Gramme, Bréguet, Siemens et Halske, le Phœnix, Jaspar, Felten et Guilleaume, etc.

Messieurs, mon embarras est grand à vous parler des œuvres industrielles si diverses qui ont été exposées ; d'une part, en effet, nous étions divisés en plusieurs groupes, et ce qui a été vu par les uns ne l'a pas toujours été par les autres ; d'autre part, il eût fallu plus qu'une simple promenade pour vous présenter une étude véritable. Je ne puis donc vous donner que des indications rapides. Au reste, je craindrais de froisser de légitimes susceptibilités si je ne déclarais que je n'ai pas la prétention de vous faire un rapport sur tout ce que l'Exposition compte d'œuvres industrielles dignes d'intérêt. Si donc, à la faveur du pavillon qui la couvre, cette Notice vient à tomber sous les yeux d'exposants dont je ne parlerai point, qu'ils veuillent bien n'attribuer mon silence qu'à la brièveté de notre visite.

1° Section belge. — Dans la Section militaire, qui précède la Galerie des machines, nous distinguons le matériel de guerre de la Société Cockerill ; des obus et un modèle de coupole à éclipse de la Société de Marcinelle et Couillet ; une torpille Witehead montée et une torpille Matheison avec conducteur, toutes deux exposées par la Compagnie des Pontonniers de la place d'Anvers.

Dans la Galerie des machines, Section belge, grande affluence autour du journal de l'Exposition *le Petit Bleu ;* on y peut remarquer la machine à composer où les caractères sont disposés sur un cylindre tournant ; plusieurs de nos collègues l'ont vue lors du récent voyage de la Société en Amérique. Comme à toutes

les expositions, le public goûte beaucoup la série de machines où le bois entre en bûches pour sortir sous forme de papier, où d'innombrables peaux de lapins se transforment en chapeaux, etc. ; mais passons. Les Ingénieurs distinguent entre autres choses : dans la mécanique, les chaudières Babcock et Wilcox ; un moteur de M. Alfred Hoyois qui présente une distribution remarquable par sa précison, sa faible course et sa marche silencieuse due en partie à la disposition des clapets ; un moteur à piston chauffé par la vapeur, de la maison Beer ; les dynamos exposées par le Phénix, la Société d'Electricité et Hydraulique à Charleroi, la Société d'Electricité à Laeken ; des moteurs à gaz et divers machines-outils Fétu-Defize, Demoor et Phénix, ainsi que les machines à travailler le bois de la maison Manning ; le modèle d'une bielle extensible, système Doyen et Dupont, qui transforme sans point mort un mouvement circulaire continu en un autre mouvement également continu et circulaire ; les modèles de machines dus à M. Boulvin, professeur à l'Université de Gand ; — dans le Génie civil, les photographies, plans et projets de travaux de l'Administration des Ponts et Chaussées, parmi lesquels nous remarquons l'avenue de Tervueren, signé Debeil et Rycx ; les polders de Waes, signé Troost ; la rectification de la Meuse, par M. Fendius ; les nouveaux quais du port d'Anvers, par MM. Pierrot et Zanen ; le plan en relief du port d'Anvers, dû à notre Collègue M. Regnard et envoyé par la municipalité ; parmi les autres plans en relief, port d'Heyst-Bruges-Port-de-mer, exposé par MM. Coiseau et Cousin ; les carrières de Quenast, et enfin une exploitation forestière en Hongrie, de M. Somzée ; — dans la métallurgie, des échantillons en fer et en laiton de clôtures dites en métal déployé et leurs applications à la construction, présentés par une Société russo-belge ; la collection, très artistement disposée, des pièces de forge de wagon exposées par les usines Wattelar-Francq : tendeurs, crochets de traction, plaques de garde, freins à main, chaînes d'attelage, chaînes de touage, et une chaîne colossale dite Goliath, dont chaque maillon pèse 170 *kg*, et qui constitue un véritable tour de force industriel ; — dans les industries extractives et minières, les pierres de construction, grès, porphyres, marbres et ardoises d'origine belge exposés par les divers producteurs réunis sous les auspices de la Société géologique ; les nombreux échantillons des nombreuses sociétés charbonnières, réunies en collectivité ; les fours à coke récupérateurs Solvay ; de puissantes machines soufflantes Cockerill ; les perfo-

ratrices à air comprimé Dubois et François, qui permettent de supprimer l'emploi des explosifs dans le creusement des galeries à travers banc, et le coupage des voies en veine (1); — enfin, dans les industries chimiques, l'exposition de la Vieille-Montagne, dont M. Lechierf nous fait les honneurs. Pour peu chimiste que l'on soit, on n'ignore pas que cet établissement est, à proprement parler, le berceau de l'industrie du zinc; on se rappelle comment, sur l'ordre étrange de Napoléon Ier, Dony put y découvrir ce métal dans la calamine qu'on employait seulement jusqu'alors pour la fabrication du laiton. M. Lechierf nous montre de très beaux échantillons de minerai, des bocaux de zinc chimiquement pur, des objets d'art en zinc, et des systèmes de couvertures parmi lesquels nous distinguons une toiture à tasseaux, agraffures et couvre-joints spéciaux, qui s'oppose absolument aux infiltrations de l'eau de pluie. A ces produits, l'Ingénieur, volontiers doublé d'un sociologiste, se fait un devoir d'ajouter le blanc de zinc, auquel son innocuité sur la santé des ouvriers assure un succès croissant.

Bien qu'elles intéressent moins directement la plupart d'entre nous, je ne puis omettre de signaler les expositions de la collectivité des glaceries de Belgique, les créations si artistiques du Val-Saint-Lambert, les faïences, barbotines et imitations de vieux Delft de la Louvière.

2e *Section française.* — Il faudrait nommer presque tous les hauts fourneaux, fonderies et laminoirs du Nord, dont les expositions sont généralement présentées sous une forme attrayante que ne semblaient pas comporter les objets exposés. Remarqué en outre : dans la mécanique, des générateurs Belleville, des ventilateurs électriques Farcot, des dynamos Gramme, des turbines à vapeur de Laval accouplées à des dynamos Bréguet, un moteur à gaz à double effet de MM. Mollet-Fontaine, recommandable par la régularité de sa marche; — dans le Génie Civil, les travaux d'assainissement de Marseille, exposés par notre collègue M. Génin; le modèle des murs, quais et caissons des travaux de quai à Bordeaux, présentés par notre ancien Président M. Hersent; des photographies et dessins de ponts, charpentes et matériel de MM. Moisant, Laurent et Savey, de la Société des Ponts et Travaux en fer, de MM. Bau-

(1) Je rappellerai à ce sujet un passage du discours prononcé par notre Vice-Président M. Dumont aux récentes obsèques de notre regretté Collègue M. Levassor, membre du Comité : « Chez John Cockerill, Levassor dirigea la construction des machines et contribua pour une large part au succès de certaines inventions, parmi lesquelles nous citerons les perforatrices Dubois et François. »

det-Donon, de M. Michelin; des photographies de constructions en ciment armé; le plan d'une cité de MM. Cacheux et Pérard; enfin les plans et une maquette du nouvel hôtel de la Société des Ingénieurs Civils, exposés par son architecte, M. F. Delmas, etc...; — dans les industries extractives et minières, une vingtaine de blocs de marbres français, hauts de 3 m, qui sont envoyés par la maison Dervillé et surpassent, par leur variété, leurs nuances et leurs couleurs, les plus beaux marbres anciens et modernes; un choix de pierres de construction ayant des duretés et des densités variées, de MM. Civet, Crouet, Gautier et Cie; des ardoises et dalles d'ardoises travaillées mécaniquement, provenant des ardoisières d'Angers; des lampes grisoumétriques Chesneau, des lampes de sûreté Cosset-Dubrulle, Grandjean, etc...; — dans la métallurgie, la très curieuse collection d'échantillons de défauts de chaudières, due à l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur; des cassures et échantillons d'acier, présentés par les Aciéries et Forges de Firminy; la grande diversité des produits des établissements de Gorcy; un appareil d'essais de métaux de M. Le Verrier, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers; — dans l'Art militaire, les réservoirs à air comprimé pour torpilles, des Forges et Aciéries de Firminy; le modèle réduit d'une coupole à éclipse du Creusot, avec sa tourelle, ses canons et son mécanisme moteur exécutés dans les moindres détails; le matériel d'artillerie ainsi que d'ingénieux appareils de vérification et d'épreuves dus au même établissement; — dans divers autres groupes, le matériel fixe et roulant pour l'assainissement des voies publiques, exposé par la maison Durey-Sohy; des modèles de bateaux, présentés par la Société des Forges et Chantiers; le matériel pour illuminations électriques, de MM. Beau et Bertrand-Taillet; les planches paléontologiques et stratigraphiques de la Société géologique de France, etc... — L'automobilisme, délaissé par les sections étrangères, ne compte chez nous qu'un exposant: la maison Panhard et Levassor, dont les membres de la Société connaissent bien les types principaux.

En dehors de ces produits, qui intéressent plus spécialement l'Art de l'Ingénieur, que d'industries sont brillamment représentées! La France est vraiment supérieure dans toutes celles qui se rapportent à l'art et à la décoration : joaillerie, céramique, ameublement, tissus, impressions sur papier et sur étoffes, industrie du livre, etc... Mais je sortirais du cadre de ce Compte rendu si j'entreprenais de vous signaler les œuvres que nous y

avons remarquées : je me contenterai de vous citer les émaux de grand feu et les grès polychromes signés Falguière, Frémiet, Mercié, Gérôme, etc., que la maison Müller expose à côté des produits céramiques et réfractaires pour la construction et l'industrie ; d'admirables porcelaines de Limoges ; les beaux panneaux décorés en opaline, envoyés par Saint-Gobain, ainsi que les faïences en grès artistiques du maître potier Clément Massier.

3° Autres sections. — A la Section anglaise, il convient de citer en première ligne la splendide exposition des modèles de navires où se trouvent reproduits les cuirassés et les paquebots les plus récemment construits dans la Grande-Bretagne. — L'Amérique, ainsi que l'Angleterre du reste, expose une grande variété de machines-outils fort intéressantes : tour vertical Bullard ; tour parallèle genre Norton sans tête de cheval, avec changement par levier du pas de filetage ; machines de précision et notamment très beaux tours à décolleter, etc. Remarqué en outre dans la Section américaine, les photographies et documents relatifs au célèbre chemin de fer de Pensylvanie. — A la Section allemande, signalons l'Exposition de Siemens et Halske ; cette maison a établi un transport de force de Tervueren à Bruxelles, soit de 11 *km*, avec génératrice à courant triphasé. — Aux Sections autrichienne et hongroise, nous admirons les réductions de locomotives, véritables œuvres d'art, exposées par les Chemins de fer de l'État hongrois ; citons aussi les briques, tuyaux et tuyères en magnésie des mines et usines de Carl Spaeter, les tableaux, photographies et appareils de météorologie et de physique du savant Professeur Zenger, Directeur de l'Observatoire de Prague, ainsi que l'exposé de son système pour la prévision du temps.

* * *

Réception à l'Hôtel de Ville. — Le soir de notre visite à l'Exposition, nous nous réunissons à la Bourse, sur ce magnifique boulevard Anspach, devenu la principale artère de Bruxelles ; puis nous nous dirigeons en corps à l'Hôtel de Ville, où les autorités communales donnent un grand raout en l'honneur du Congrès du Commerce et de l'Industrie, et de la visite des Ingénieurs Civils de France. Arrivés sur la Grand'Place, nous ressentons tous l'émotion qu'on éprouve en présence des hautes manifestations de l'Art. Je n'ai point à vous décrire l'Hôtel de Ville, ce pur chef-d'œuvre gothique d'où s'élance, si fine et si

gracieuse, une tour merveilleusement dentelée; je n'ai pas à vous peindre cette Maison du Roi, dont les formes moins sveltes et le ruissellement de dorures donnent l'impression d'une châsse richement sculptée, ni les gracieux édifices où se réunissaient les anciennes corporations. Du reste, nous n'avons pas eu le loisir de contempler longuement cet ensemble unique au monde, et dans lequel il n'y a pas la plus petite note discordante; de même ici, je renonce au plaisir d'une description moins incomplète pour continuer ma narration rapide.

Nous pénétrons à l'Hôtel de Ville, gravissons l'escalier d'honneur, et arrivons à la salle de réception; le bourgmestre, en tenue officielle, se tient à l'entrée, entouré de ses échevins. Les invités, parmi lesquels figurent aussi toutes les notabilités politiques et administratives de Bruxelles, se répandent dans les salons somptueux, décorés de toiles des plus grands maîtres de l'école hollandaise, et de ces merveilleuses tapisseries de Malines dont la richesse n'égale ici que la profusion. L'excellente musique municipale prête son concours à cette fête, et bientôt un bal s'organise, qui dissipe aussitôt pour nos charmantes Parisiennes les fatigues de la journée.

Au cours de cette magnifique réception, les membres de notre Bureau et de notre Comité sont conviés à se rendre dans le salon privé des autorités communales. C'est pour notre Président l'occasion d'adresser aux représentants de Bruxelles nos vifs remercîments. Dans une aimable causerie empreinte d'une grande sympathie pour la France, M. le Bourgmestre Buls et MM. les échevins Steens, Lepage et Bruylant expriment de leur côté toute leur gratitude envers les nombreux industriels français qui ont si puissamment contribué au succès de l'Exposition.

* * *

Le lendemain dimanche, un tramway spécial — et matinal, — nous conduit à Tervueren. Nos véhicules, mus électriquement, prennent le courant par trolleys sur un câble aérien. Ce mode de locomotion est très en faveur à Bruxelles, dotée au reste d'un réseau de transport que pourrait lui envier mainte capitale de notre connaissance.

Tervueren est un grand parc boisé où languit, il y a quelques années, l'infortune de la princesse Charlotte, veuve de Maximi-

lien. C'est là que le roi a installé l'exposition de l'État du Congo. On se rappelle, tant les faits sont près de nous, l'histoire de cet État, créé en 1884 par le Congrès de Berlin, et dont, l'année suivante, Léopold II s'octroya la souveraineté, avec l'agrément des puissances représentées au Congrès.

Exposition coloniale. — Notre visite du matin est pour le Palais Colonial, où nous conduisent MM. Liebrecht, Lemaire et Masui. Le lieutenant Masui nous y fait une conférence ambulante, avec la netteté et le charme des choses vues. Le Palais se divise en deux ailes. Nous entrons dans celle de gauche, au Salon d'honneur ; de fort jolies statuettes d'ivoire congolais, dues au ciseau d'artistes belges, s'y mêlent aux produits ouvrés par les indigènes : fers de lance, javelots, haches en fer forgé avec ciselures et incrustations en cuivre rouge; coupes, fétiches en bois ou en ivoire sculptés; tous objets d'une surprenante harmonie de lignes, qui leur donne parfois un réel cachet d'élégance. Nous parcourons l'aile gauche dans toute sa longueur, traversant la salle d'ethnographie, où des photographies, des panneaux et des groupes représentent les types des différentes tribus. Nous visitons le Salon militaire, puis nous arrivons à un panorama qui figure un paysage congolais assurément conventionnel, où se trouvent réunis, en des poses pittoresques, un nombre invraisemblable de buffles, d'antilopes, de singes et d'oiseaux. Puis nous descendons une rampe qui fait obligeamment partie du paysage, et nous pénétrons dans une galerie souterraine où, derrière les instruments de pêche, des poissons étiques suspendus à des fils sont conservés dans un aquarium figé.

Cette galerie nous mène à l'aile droite, beaucoup plus suggestive. Après une serre qui donne quelque vague idée des magnifiques frondaisons tropicales, s'ouvrent les salles d'importation et d'exportation, suivies du Salon des grandes cultures. Échantillons d'ivoires et de minerais, multiples essences de bois, articles d'échange, gommes, noix de cacao, grains de café, feuilles de tabac, y sont réunis, preuves vivantes de la richesse de ces régions et du champ qu'elles ouvrent à l'activité humaine.

Que de choses intéressantes nous sont révélées dans ces dernières salles! Et d'abord, nous apprenons — puisqu'il est dit que ces choses-là sont si peu connues en France, — qu'il existe, au Nord de la colonie belge, une colonie française passablement déshéritée. Tandis que la première *(Pl. 200, fig. 1)* englobe, ou à peu près, tout le fleuve du Congo, cette grande artère qui pénètre

au cœur de l'Afrique, la seconde ne possède qu'une faible partie de la rive droite, de Brazzaville au lac Tumba; au delà, la ligne frontière est formée par l'Oubanghi. Ni la source, ni le vaste estuaire du Congo ne nous appartiennent, et la flotille qui parcourt le fleuve comprend 30 bateaux belges pour 4 bateaux français. — Mais si la colonie belge s'évase largement de l'Océan Atlantique au lac Tanganika et au Nil, elle n'a sur la mer qu'une base de quelques lieues, et l'on songe involontairement au colosse aux pieds d'argile. Cette base étroite s'arrête à l'embouchure du Congo, dont la Belgique ne possède que la rive gauche; elle a du moins la bonne fortune de voir l'autre rive occupée par un peuple dont il ne semble pas qu'elle ait de longtemps à redouter les appétits coloniaux.

Outre la flore et la faune, dont j'ai indiqué les principaux échantillons, il faut encore citer, parmi les produits naturels, d'abondants gisements ferrugineux, qui couvrent des régions très étendues, et des zones cuprifères d'une égale importance relative. Mais l'espoir de la colonie est surtout dans les produits de grande culture, café, cacao et tabac. Je ne vous parlerai pas de ces plantations, dont M. Dybowski vous entretenait naguère avec une compétence qui me fait défaut; je me bornerai à vous donner quelques chiffres qui ont une singulière éloquence.

Le Congo possède aujourd'hui 100 000 cacaoyers et 500 000 caféiers d'au moins un an, et l'on en plante annuellement plus de 600 000. « Dans un siècle, nous disait notre cicerone, le Congo sera une grande colonie à café, rivalisant avec le Brésil ». — Quant à la gomme et aux produits résineux, la vente à Anvers, qui n'atteignait pas 5 000 *kg* en 1889, dépasse aujourd'hui le million. — Une autre source de richesse est l'ivoire. Les parties de la colonie éloignées de la côte sont habitées par des milliers d'éléphants qui se reproduisent, du reste, avec une sage lenteur, comme s'ils voulaient déjouer la convoitise qui les guette. Anvers a établi, à leur intention, un marché où se sont vendus, en 1888, 6 400 *kg* d'ivoire, et, en 1892, 268 000 *kg* dont 200 000 proviennent du Congo : c'est plus du tiers de la consommation actuelle dans le monde entier. — Bref, le dernier exercice accuse 15 millions d'exportations et 16 millions d'importations, soit un mouvement total de 31 millions; le budget dépasse 10 millions cette année.

Et pour quelles marchandises échange-t-on ces fructueux produits? des tissus et des couvertures aux éclatantes couleurs; des vêtements, parmi lesquels nous avons vu le bonnet grec et

la casquette de jockey; de la bimbeloterie qui n'aidera certainement pas à civiliser le continent noir par le développement du sens artistique ; des fusils démodés, en attendant mieux ; de l'eau de Cologne et, — ironie des mots, — du vinaigre de toilette à l'usage... interne, car le nègre le boit sous le fallacieux prétexte de se parfumer l'haleine.

J'ajouterai, pour en terminer avec l'État indépendant, qu'une voie ferrée de 260 *km* part de Matadi, au fond de l'estuaire du Congo, et aboutit au delà de Tumba. Elle doit être prolongée jusqu'à Léopoldville.

* * *

A la sortie du Palais colonial, notre éminent collègue M. Jules Urban, Directeur général du grand Central belge et Président des chemins de fer du Congo, réunit dans un déjeuner intime les membres de notre Bureau, les Présidents des Associations d'Ingénieurs belges, et le haut personnel des chemins de fer du Grand Central et du Congo. C'est une nouvelle occasion de resserrer les sympathies entre les représentants des deux nationalités.

L'après-midi, après une halte aux montagnes russes de l'Himalaya, dont notre déjeuner s'accommode assez bien, nous parcourons quelques villages congolais; les huttes sont veuves de leurs habitants, chassés par le froid des dernières journées. Puis nous visitons le second gros morceau de l'Exposition de Tervueren : le hall du matériel de chemin de fer.

Matériel de chemins de fer. — 1° *Matériel belge.* — Avant l'Exposition, les chemins de fer de l'État belge avaient passé des commandes à de nombreux constructeurs, avec obligation de les faire figurer à Tervueren : aussi la Section belge occupe-t-elle un grand emplacement.

a) Locomotives. — Les principales locomotives sont les types 12, 16, 25 et 11 de l'État belge, et la locomotive compound à châssis articulé, système Mallet.

Les machines à vapeur type 12 sont pour lignes dites de niveau : elles doivent remorquer 150 *t* à la vitesse effective de 90 *km*, sur une rampe de 5 *mm* longue de 5 *km*, sans que la pression ni le niveau de l'eau baissent dans la chaudière. Il y a trois locomotives de ce type à Tervueren. L'une sort des ateliers centraux de Malines; le travail de la chaudière a été fait uniquement au moyen de machines-outils. Les deux autres ont été construites

par la Société de la Meuse, à Liège, et par les Forges, Usines et Fonderies de Haine-Saint-Pierre : la première est pourvue de la distribution Lencauchez, la seconde de la distribution Hoyois.

Le type 16 est une locomotive-express à voyageurs, avec distribution Hoyois : construite par la Société de Marcinelle et Couillet suivant les indications des plans remis par l'Administration des

TABLEAU I.

(Voir Pl. 191, fig. 1 à 4, du Bulletin de mai 1897 et Pl. 201, fig. 1, du présent Bulletin).

	NUMÉROS DES TYPES DE L'ÉTAT BELGE ET NOMS DES CONSTRUCTEURS				
	Type 12 — Ateliers centraux de Malines	Type 16 — Marcinelle et Couillet	Type 25 — Zimmermann, Hanrez et Cie	Type 11 — Ateliers de Bousson	Compound Mallet — St-Léonard
Nombre d'essieux accouplés . . .	2	3	3	3	6
Pression maxima de la chaudière. . . *atm*	10	12	10	11	15
Surface de grille . . . . . *m²*	4,707	6,860	5,149	2,065	7
Surface de chauffe — Au foyer . . . . *m²*	12,500	13,580	11,331	6,763	14,820
Surface de chauffe — Dans les tubes. . *m²*	112,175	250,130	109,355	46,177	273,720
Surface de chauffe — Totale. . . . . *m²*	124,675	263,710	120,686	52,940	288,540
Tubes Serve — Nombre.	242	164	251	147	164
Tubes Serve — Diamètre extérieur *mm*	45	70	45	45	70
Tubes Serve — Longueur . . . . *m*	3,850	4,05	3,150	2,500	4,05
Diamètre des cylindres . . . *mm*	500	530	500	350	810 BP 500 HP
Course des pistons . . . . . *mm*	600	650	600	500	650
Diamètre des roues motrices. *m*	2,10	1,70	1,30	1,20	1,30
Système de la coulisse	Walschaert	Walschaert	Walschaert	Walschaert	Walschaert coulisse droite
Poids à vide . . . . . *t*	45,500	59,500	39,800	24,700	82
Poids en ordre de marche . . . *t*	49,200	65,000	43,200	30,700	100

chemins de fer de l'État belge, cette locomotive remorque 120 *t* à 66 *km* sur rampes continues de 16 *mm*.

Le type 25 est une locomotive à marchandises, capable de remorquer 230 *t* à 30 *km*, sur rampes continues de 16 *mm*. Elle a été construite par MM. Zimmermann, Hanrez et Cie.

Le type 11 est une locomotive-tender pour trains légers, qui doit remorquer 110 *t* dans les mêmes conditions de vitesse et de déclivité; elle sort des ateliers de Boussu.

La locomotive compound à châssis articulé, système Mallet, est destinée à remorquer des trains lourds sur fortes rampes. Cette machine, construite par Saint-Léonard, est à l'heure actuelle la plus puissante locomotive à marchandises des deux mondes : elle pèse 82 *t* à vide, et 100 *t* en charge. Dans les rapides essais qui ont été faits entre son achèvement et son envoi à Tervueren, elle a remorqué avec la plus grande aisance un train de 330 *t*, sur les plans inclinés de Liège, dont la déclivité moyenne est de 27,7 *mm*, et la déclivité maximum de 32 *mm*.

Je donne dans le tableau I les principales conditions d'établissements de ces diverses machines, qui sont toutes pourvues de tubes Serve en laiton ou en acier doux.

Pour en terminer avec ce sujet, je citerai une locomotive-tender à 6 roues accouplées pour manœuvres de gares, exposée par la Métallurgique, et une locomotive électrique envoyée par M. Lebrun.

b) Voitures et wagons. — Braine-le-Comte expose une voiture de 1re et 2e classes, et Seneffe une voiture de 3e classe, toutes deux pour trains légers. — Mme Verhagen présente une voiture de 1re et 2e classes à 3 essieux avec couloir central et portes latérales, et Dyle-Bacalan, une voiture de 1re et 2e classes à bogies, avec couloir latéral et portes sur les deux plates-formes d'about.

Les aciéries de Bruges exposent un wagon plat de 15 *t* à deux essieux; — l'Industrie de Louvain, un wagon fermé à 4 portes; — Haine-Saint-Pierre, un fourgon pour train de marchandises; — M. Germain, un wagon-citerne pour le transport du pétrole; — Baume-Marpent, un wagon-box à bas plancher, dont les portières rabattues servent de plans inclinés pour introduire les chevaux; — la succursale belge des établissements Decauville expose des wagons et le matériel à voie étroite bien connu; — enfin Nicaise et Delcuve, de la Louvière, présentent un ingénieux wagon-grue dont le contrepoids se déplace automatiquement, de façon à équilibrer exactement la charge à tout instant.

Je passe très rapidement sur le matériel belge parce que M. Lavezzari vous en a déjà donné la description dans sa très intéressante Notice « les Chemins de fer de l'état belge à l'Exposition de Bruxelles-Tervueren », publiée dans le *Bulletin* de mai 1897. Je me bornerai à en développer quelques points, sur lesquels nous avons des renseignements nouveaux au cours de notre visite.

La voiture de luxe sortie des ateliers de la Dyle est tout par

ticulièrement remarquée. Richement décorée et garnie avec goût, elle se classe parmi les plus confortables qui existent sur le continent : les sièges sont à tiroirs, de telle sorte qu'on peut former un lit avec deux vis-à-vis ; le chauffage se fait par la vapeur et, ce qui constitue une innovation, chaque compartiment est muni d'un chauffe-pieds dont le voyageur peut modérer ou arrêter la chaleur ; le lavatory possède eau froide et eau chaude. Notre Vice-Président M. Rey, administrateur de Dyle et Bacalan, nous fait visiter en détail cette voiture, et nous l'admirons avec d'autant plus de sincérité qu'elle n'est pas une voiture d'Exposition, mais qu'elle fait partie d'un lot commandé par l'État belge.

Je dois signaler aussi à l'actif de cette Administration un châssis de wagons à deux essieux, étudié par M. Bika, Inspecteur général du Matériel et de la Traction. Ce châssis (*Pl. 201, fig. 2 à 4*, est constitué par une ossature métallique composée de pièces finies obtenues à l'aide de machines-outils ; le montage, au lieu de consister surtout dans un long travail de rivetage, se réduit à boulonner ces pièces. Enfin on a cherché à répartir également la réaction sur les quatre points de suspension, et les chocs sur les plateaux des deux buttoirs : on diminue ainsi non seulement la déformation du châssis, et par suite de la caisse, mais encore la fatigue des boîtes à huile et des coussinets, des bandages et de la voie elle-même. Pour cela, les points de suspension sont réunis par une croix de Saint-André dont les deux longerons sont rendus solidaires à leur point d'intersection, et les buttoirs sont reliés sous la caisse aux extrémités d'un ressort à lames ; ce dernier dispositif, dont le principe a été imaginé par la Compagnie des chemins de fer de l'Est français, donne un balancier élastique qui assure l'égalité des efforts sur les plateaux dès que ces efforts dépassent la tension initiale du ressort. J'ajoute que la suspension sur les ressorts n'a pas lieu par l'intermédiaire de menottes : les œillets extrêmes des ressorts s'engagent dans quatre petits arbres qui réunissent les longerons, et les autres œillets sont fixés à des branches venues de fonte avec le croisillon. Enfin chaque longeron, long d'environ 7 *m*, porte vers ses extrémités deux pièces de 2 *m*, dites fourrures. Ces pièces n'ont pas moins de 25 *mm* d'épaisseur et dépassent les petites branches des ailes des longerons en double T : les trous alésés ont ainsi une longueur suffisante pour bien tenir les boulons.

Dans le wagon-grue de la Société Nicaise et Delcuve, représenté par les figures 5 et 6 de la planche 200, le contrepoids monte

sur une queue de forme courbe. L'un des bouts de la chaine est renvoyé sur l'extrémité de la queue : par suite le contrepoids s'éloigne d'autant plus du pivot que la tension est plus grande; la forme de la trajectoire qu'il décrit a été calculée de façon que cet éloignement, fonction de la tension et par conséquent de la charge, réalise automatiquement l'équilibre. L'ascension du contrepoids n'a lieu que pour des charges capables de produire le renversement; avec les petites charges pour lesquelles le calage des grues ordinaires est inutile, le contrepoids reste au point bas de la queue. Cet ingénieux système donne aux ouvriers une grande sécurité; il évite les calages provisoires, et facilite beaucoup les manœuvres.

2° *Matériel français.* — Le matériel français occupe aussi une très grande place, grâce à la participation de nos grandes compagnies de chemins de fer. Notre collègue M. Morizot, délégué par elles, nous le fait visiter en détail : je dois à cette circonstance de pouvoir vous décrire quelques dispositions récentes qui nous ont été signalées.

a) Locomotives. — La Compagnie du Nord expose la locomotive compound du dernier type créé par M. du Bousquet. Avant d'en donner la description sommaire, il m'a paru intéressant de mettre sous vos yeux un tableau comparatif des dimensions principales des types successifs de locomotives compound mises en service par cette Compagnie : le tableau II résume en quelque sorte l'historique de ces machines.

On voit que le type 1896, dont le diagramme est donné à la figure 7 de la planche 201, se distingue plus spécialement par les points suivants : augmentation de la surface de grille, des surfaces intérieure et extérieure des tubes à air chaud, et du corps cylindrique. J'ajoute que l'ancien tender à trois essieux a été remplacé par un tender supporté par deux bogies.

Je ne puis entrer ici dans de longs détails sur les particularités du mécanisme de mise en marche, et je me contente de signaler qu'il permet quatre fonctionnements différents : 1° en compound, ce qui est le fonctionnement normal; 2° avec cylindres indépendants, aux pressions respectives de 15 et de 6 *kg;* 3° avec les petits cylindres seuls en cas d'avarie aux grands cylindres ou au mécanisme de compression; 4° avec les grands cylindres seuls dans le cas inverse. L'alimentation est faite au moyen de deux gros injecteurs Friedmann à débit variable de 9,5 *mm;* notre

collègue M. Lavezzari, qui les a construits, nous en montre le fonctionnement et nous fait remarquer le nouveau système de rotules pour le passage de l'eau du tender à la locomotive. La machine est munie de la sablière à vapeur Gresham et du frein

TABLEAU II.

		SÉRIES DES LOCOMOTIVES ET ANNÉES DE CONSTRUCTION				
		701 — 1885	2121-2122 — 1891	2132-2137 — 1893	2138-2197 — 1895	2158-216 — 1896
Nombre d'essieux accouplés		indép^t^	2	2	2	2
Timbre de la chaudière	*kg*	11	14	14	15	15
Projection horizontale de la surface de grille	m^2	2,27	2,04	2,04	2,04	2,30
Surface de chauffe du foyer	m^2	9,50	10,91	10,91	10,91	11,78
Tubes à air chaud — Forme		lisses int^t^	lisses	à ailerons	à ailerons	à ailerons
Tubes à air chaud — Nombre		204	262	94	94	107
Tubes à air chaud — Diamètre extérieur	*mm*	45	45	70	70	70
Tubes à air chaud — Longueur entre les plaques tubulaires	*m*	3,56	3,90	3,90	3,90	3,90
Tubes à air chaud — Surface intérieure	m^2	93,53	98,98	145,43	145,43	167,45
Tubes à air chaud — Surface extérieure	m^2	101,70	111,40	80,62	80,62	91,77
Tubes à air chaud — Section de passage des gaz à l'entrée des tubes	m^2	0,2312	0,2290	0,2750	0,2750	0,2946
Tubes à air chaud — — — dans le corps des tubes	m^2	0,2562	0,2537	0,2820	0,2820	0,3021
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique	*m*	1,236	1,260	1,260	1,256	1,350
Volume d'eau avec 0,10 au-dessus du ciel	m^3	3,090	3,430	3,430	3,430	4,010
Diamètre des cylindres — HP	*mm*	330	340	340	340	340
Diamètre des cylindres — BP	*mm*	460	530	530	530	530
Course des pistons	*mm*	610	640	640	640	640
Diamètre des roues motrices au contact	*m*	2,100	2,114	2,114	2,114	2,114
Poids adhérent	*t*	27,600	30,500	30,520	30,770	31,010
Poids en ordre de marche	*t*	37,800	47,800	48,520	48,930	50,460

Westinghouse à action rapide avec freinage des deux paires de roues motrices. Le tender, d'une capacité de 18 m^3, est attelé par des ressorts à lames; les tampons d'arrière sont réduits au minimum afin de diminuer les remous d'air entre le tender et le premier fourgon, remous dont la grande influence sur les trains rapides a été si nettement mise en lumière par les belles expériences de M. Desdouits.

Parmi les remarquables essais exécutés avec ce nouveau type, je citerai celui du 27 mars 1897 où l'on a remorqué 186 *t* à 85 *km* sur rampes de 5 *mm* presque ininterrompues dans un parcours de 20 *km;* on atteignit la vitesse de 120 *km* sur un parcours de 7 *km*.

La Compagnie du Midi expose sa locomotive 1 301, étudiée sur

le programme suivant : 1° réaliser des vitesses effectives de 90 *km* ; 2° remorquer 150 *t* à 50 *km* sur les déclivités de 15 *mm*, et 120 *t* à 25 *km* sur une rampe de 32 *mm*, longue de 10 *km*. Le tableau III donne les principales dimensions de cette machine, dont le diagramme est représenté planche 201, figure 9. Elle est du type compound à 4 cylindres : ceux de haute pression, extérieurs aux longerons, sont protégés contre le refroidissement par une enveloppe en tôle mince. La chaudière est munie de tubes à ailettes en acier raboutis en cuivre ; l'alimentation est assurée par un injecteur Friedmann. Au-dessus de la grille classique se trouve une grille en toile métallique qui arrête les escarbilles incandescentes ; en outre, la cheminée est reportée le plus en arrière possible sur la boîte à fumée, ce qui permet aux escarbilles

TABLEAU III.

		NUMÉROS DES LOCOMOTIVES	
		1 301	1 760
Nombre d'essieux accouplés		3	2
Timbre de la chaudière	*kg*	14	14
Surface de grille	m^2	2,46	2,46
Surface de chauffe — Au foyer	m^2	12,41	12,34
Surface de chauffe — Dans les tubes	m^2	100,07	95,12
Surface de chauffe — Au bouilleur	m^2	0	2,44
Surface de chauffe — Totale	m^2	112,48	109,90
Tubes Serve — Nombre		111	111
Tubes Serve — Diamètre extérieur	*mm*	70	70
Tubes Serve — Longueur entre les plaques tubulaires	*m*	4,10	3,90
Diamètre intérieur moyen du corps cylindrique	*m*	1,38	1,38
Longueur dudit à l'extérieur des plaques tubulaires	*m*	4,155	2,955
Diamètre des cylindres — HP	*mm*	350	350
Diamètre des cylindres — BP	*mm*	550	550
Course des pistons	*mm*	640	640
Diamètre des roues motrices au contact	*m*	1,750	2,130
Poids à vide	*t*	52,300	48,950
Poids en ordre de marche	*t*	57,300	54,000
Poids adhérent	*t*	41,700	32,800

entraînées de se projeter à l'avant de cette boîte, tandis que les gaz sont aspirés dès leur sortie du réseau tubulaire. L'essieu coudé affecte une forme particulière : les deux bras de manivelle extérieurs sont des plateaux circulaires, et les bras intérieurs sont

supprimés; d'un tourillon à l'autre, l'essieu a la forme d'un prisme tordu à section carrée. La locomotive, construite pour monter de très fortes rampes, les descendra à contre-vapeur dont le fonctionnement est prévu en compound. Elle a été essayée avec un plein succès sur le réseau du Nord et sur celui du Midi. Cette machine sort des ateliers de la Société alsacienne.

La Compagnie du Midi expose une autre machine n° 1 760, *(Pl. 201, fig. 10)*; le tableau III en donne les dimensions principales. Elle doit remorquer jusqu'à 200 *t* à la vitesse effective moyenne de 90 *km*, sur des lignes présentant de longs parcours en rampes et pentes douces de 5 *mm* au maximum. Elle ne diffère essentiellement de la précédente qu'en ce qu'elle a 4 roues accouplées de 2,130 *m* au lieu de 6 roues accouplées de 1,750 *m*, et qu'elle n'est pas pourvue d'appareils d'injection en vue du fonctionnement à contre-vapeur. De même que la première, elle est pourvue de deux gros injecteurs Friedmann identiques à ceux de la locomotive du Nord. Elle a été essayée sur les réseaux de l'Est et du Midi, et sort des ateliers du Creusot.

Les locomotives sont les enfants gâtés de l'Exposition; on en a mis un peu partout : grands modèles à Tervueren; réductions dans le grand Palais à Bruxelles; modèle ancien à Bruxelles-Kermesse. Nous avons pu examiner cette dernière locomotive la veille, à notre sortie du Chien-Vert; c'est la première qui ait fonctionné en Belgique : elle est à trois essieux, et les roues de l'essieu milieu ont des bandages sans boudin.

b) Voitures, wagons et matériel divers. — La Compagnie du Nord présente une voiture de 1re classe à bogies et la Compagnie de l'Est une voiture de 1re classe très luxueuse, caractérisée par un système de suspension tout différent. Outre les 4 ressorts habituels qui réunissent le châssis aux fusées d'essieu, 4 ressorts, également à lames, sont placés au-dessus des premiers et en sens inverse : ils relient la caisse aux brancards du châssis, aux points où les vibrations de ces brancards ont le moins d'amplitude *(Pl. 201, fig. 10 à 14)*. Grâce à ce dispositif et au synchronisme entre les oscillations des ressorts superposés, la suspension est aussi douce que dans les systèmes à bogies.

Ce système à 8 ressorts, essayé dans les express Paris-Bâle et Calais-Bâle, présente même sur les bogies deux avantages appréciables : 1° la caisse a 4 points d'appui élastiques au lieu de 2, et ses oscillations autour de son axe longitudinal, autrement dit ses mouvements de roulis, sont notablement diminués; 2° la voi-

ture n'a pas nécessairement une grande longueur, et l'on est en droit d'espérer que les services d'exploitation n'argueront plus de cette nécessité pour priver de véhicules à bonnes suspensions les lignes à faible trafic. La décoration sobre de la voiture exposée fait honneur à la réputation de bon goût des ouvriers garnisseurs parisiens. Cette voiture, dans laquelle nous sommes montés, se distingue aussi par un souci du confortable qui fait regretter que pareil matériel roulant roule si rarement sur nos voies ferrées.

Dans les wagons, nous remarquons surtout un véhicule entièrement métallique présenté par la Compagnie de l'Ouest et construit par les ateliers de Marpent ; le châssis est constitué par une véritable poutre en treillis. — La Compagnie des wagons-réservoirs présente un wagon transporteur de liquides.

Notre Collègue M. Mallet expose des dessins et photographies des locomotives de sa création. — La Compagnie du Nord a envoyé du matériel d'éclairage et de manutention électriques : accumulateurs, transformateurs-redresseurs, cabestans et tracteurs. Nous remarquons aussi parmi les envois de cette Compagnie les plans-reliefs de la gare de Paris, des ports de Calais, Boulogne et Dunkerque, ainsi qu'un modèle en réduction des deux paquebots qu'elle fait construire pour assurer le service postal de Calais-Douvres. Ces paquebots doivent donner une vitesse aux essais de 21,5 nœuds avec une puissance de 7 000 chevaux. Leur construction, confiée aux Ateliers et Chantiers de la Loire, s'exécute à Saint-Nazaire pour les coques, et à Nantes pour les machines. — Enfin, notre collègue M. Lesourd fait fonctionner devant nous le frein électro-pneumatique Chapsal, qu'il a décrit ici même. (Voir *Bulletin* de décembre 1895.)

* * *

Après une rapide visite au Pavillon des Eaux et Forêts, très remarquable, nous arrivons au monorail Behr, qu'on pourrait tout aussi bien dénommer un polyrail. La vitesse annoncée était de 150 *km* ; mais les véhicules, à cheval sur le dièdre ayant pour arête le rail supérieur, ont résisté, jusqu'à notre visite, à la tentation d'une chevauchée sur le long ruban de voie qui coupe littéralement la campagne, — car cette voie est nettement hostile aux passages à niveau. Nous avons appris avec un plaisir mitigé de regrets que, presque aussitôt après notre passage, ils se sont enfin décidés à marcher avec une vitesse de 60 à 65 *km*. Nous lon-

geons ensuite les eaux calmes du bassin où M. Villa, de Milan, expose un système de revêtement économique des berges, destiné à lutter contre les corrosions produites par les forts courants. La démonstration nous en est donnée par M. Alexandre Uttini, Directeur de la Section italienne à l'Exposition. Le revêtement consiste en une série de panneaux formés de briques en ciment qui s'enfilent en chapelet sur deux rangs de fils de fer galvanisés; ces panneaux se juxtaposent à la sortie d'un bateau porteur. Pour finir dignement cette journée laborieuse, nous assistons à une leçon de résistance des matériaux faite par M. Vierendeel, professeur à l'Université de Louvain, sur les avantages des arcades du pont qu'il expose ; ces arcades, formées de brides et de montants, suppriment toute triangulation. L'examen de semblables innovations ne saurait trouver place dans ce Compte rendu, et je renvoie ceux que la question intéresse au livre publié par l'inventeur.

* * *

Le soir, superbe banquet de 300 convives dans la magnifique salle de l'Hôtel Métropole, aux murs recouverts de marbre jusqu'à la cimaise; menu de choix où, pour nous fêter, les meilleurs vins de France se sont donnés un joyeux rendez-vous ; réunion enthousiaste, d'une cordialité encore plus chaude qu'au Chien-Vert, puisque, se connaissant mieux, on peut mieux s'apprécier. M. Debeil préside, et lorsqu'au dessert la trompette nous surprend d'un garde-à-vous éclatant, c'est lui qui se lève pour porter un premier toast au roi Léopold et au Président de la République Française, dont il rappelle discrètement le récent et heureux voyage. L'orchestre joue *la Marseillaise* et *la Brabançonne*, écoutées debout; puis M. Debeil termine en buvant à la prospérité de la Société des Ingénieurs Civils de France. M. Lippmann remercie chaleureusement les Associations de Bruxelles, de Gand et de Louvain et boit à nos hôtes ; les passages où il rappelle le sympathique empressement des exposants français et où il donne dès à présent rendez-vous à nos collègues à l'Exposition de 1900 sont particulièrement couverts d'applaudissements. Puis M. Timmermans, président de l'Association de Louvain, lève son verre en l'honneur de Bruxelles, dont la municipalité a voulu recevoir les Ingénieurs français le jour même de leur arrivée. M. Steens, échevin préposé aux travaux publics, fait en termes éloquents un brillant éloge de notre profession. M. Gérard, président de

l'Association de Bruxelles, remercie les industriels qui ont apporté aux organisateurs une collaboration précieuse en ouvrant leurs usines aux hôtes des trois Associations. Puis M. Englebert nous propose de porter un toast à une femme, « femme aimable et qui nous aime, la Presse ». On sait le grand rôle des journaux industriels chez nos voisins : c'est un rédacteur de cette presse spéciale, M. Bernier, du *Moniteur des Intérêts matériels*, qui répond avec verve par une improvisation empreinte d'une profonde sympathie pour la France. Enfin M. Lippmann prend de nouveau la parole pour remercier les organisateurs et en particulier M. Van Lint, qui a tant contribué au succès de notre réception, et a poussé le dévouement jusqu'à sacrifier son congé administratif à cette belle et bonne œuvre de confraternité.

Après les toasts, on entonne la chanson du *Génie*, chant de ralliement des Ingénieurs belges. Jeunes et vieux, ingénieurs modestes et hauts fonctionnaires, reprennent en chœur le refrain. Quand nous nous séparons, le dimanche a cessé.

* * *

Le lundi, nous nous divisons en deux groupes : l'un va aux carrières de Quenast, l'autre à Anvers.

Carrières de Quenast. — Le premier groupe prend un train spécial mis à sa disposition par notre estimé collègue M. Adolphe Urban, administrateur délégué des carrières de phorphyre de Quenast. Ces carrières sont extrêmement vastes; la Société possède 155 *ha* d'un seul tenant, dont 70 en pleine exploitation. La roche est une dorite quartzeuse d'une grande dureté, impropre à la construction des habitations, mais très recherchée pour le pavage des villes et des ports : des quantités considérables sont employées à Paris et dans nos grandes villes maritimes de Dunkerque à Bordeaux.

L'exploitation se fait à ciel ouvert : la carrière principale est un gigantesque amphithéâtre à gradins hauts de 10 à 12 *m*. La pierre est abattue à la mine et débitée au marteau; les trous de mine se font à l'aide de perforatrices à air comprimé. Les déchets de la fabrication des pavés sont convertis par concassage mécanique en macadam, ballast et graviers. Tous les transports sont effectués par une chaîne flottante dont le développement dépasse 12 *km* et qui meut 1 200 wagonnets. M. Langlois, qui s'est chargé de vous présenter les diverses installations électriques vues dans notre voyage, vous en parlera moins sommairement.

La fabrication annuelle est de 25 millions de pavés et 60 000 m^3 de sous-produits. Ces derniers se vendent avec une telle facilité que les déchets sont insuffisants et qu'on doit utiliser les fragments amoncelés dans les anciens terris.

Les honneurs de cette belle installation méthodique nous sont faits par M. Urban, qui a voulu présider lui-même à notre réception, malgré les soucis que lui suscite l'incendie de l'hôtel qu'il habite à Bruxelles, incendie survenu la veille. Son fils M. Maurice Urban et son gendre M. Rambaud l'accompagnent. Un imposant spectacle est offert aux visiteurs : l'explosion d'une soixantaine de mines profondes de 5 *m* et chargées chacune de 25 *kg* de poudre ; les décharges successives donnent l'impression d'une salve de grosse artillerie. Les blocs de porphyre détachés sont aussitôt chargés sur des wagonnets, et répartis entre des retailleurs échelonnés à droite et à gauche de la voie.

M^me^ Rambaud et sa fille, qui ont tenu à prendre part à la visite, nous font les honneurs du brillant déjeuner qui termine cette cordiale réception. M. Lippmann au nom des Ingénieurs français, M. Wyhowski au nom des Ingénieurs belges, remercient chaleureusement M. Urban et les siens. Notre Président loue en M. Urban le philanthrope qui a une opinion si élevée du rôle moralisateur des patrons, et qui a doté ses ouvriers d'habitations avec jardin, d'écoles, d'un économat, d'une caisse de secours, d'une caisse d'épargne, d'une fanfare et même d'un cercle. Une visite au réfectoire montre aux excursionnistes combien cette philanthropie est minutieuse et éclairée. 95 0/0 des ouvriers touchent chaque mois la paye complète, et reçoivent en outre des primes destinées à encourager l'assiduité au travail. Ces excellentes institutions sont depuis longtemps en vigueur à Quenast : aussi y compte-t-on un nombre relativement élevé d'employés, — j'allais dire de collaborateurs, — ayant 40, 50 et même 60 ans de séjour ininterrompu.

* * *

Le groupe d'Anvers est plus matinal, mais inutilement ; le déraillement d'un train qui nous précède nous cause un retard d'une heure, qui nous force à abréger notre visite à la nouvelle gare d'Anvers.

Nouvelle gare d'Anvers. — Anvers possède trois gares principales (*Pl. 200, fig. 2*) : Anvers-Est, la plus centrale, près du

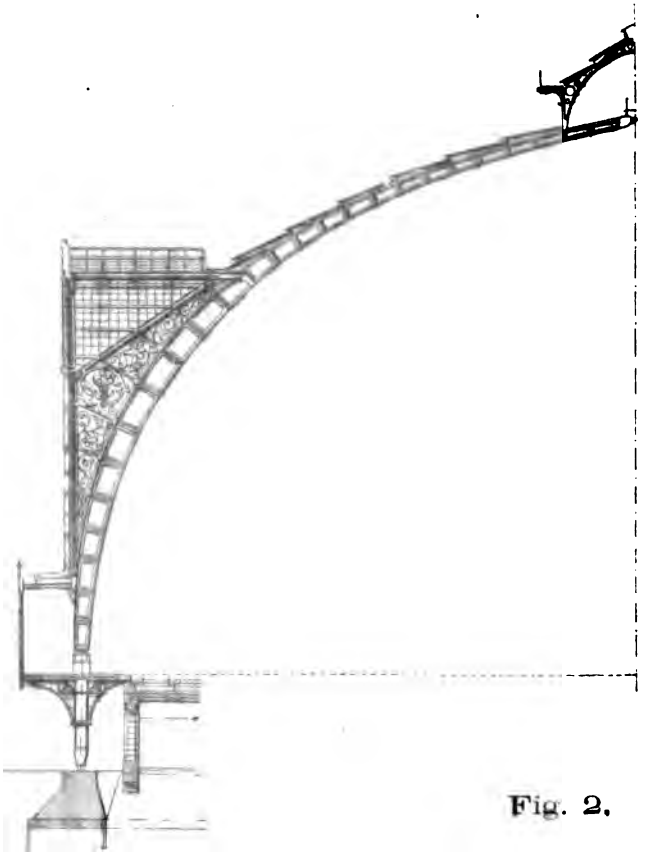
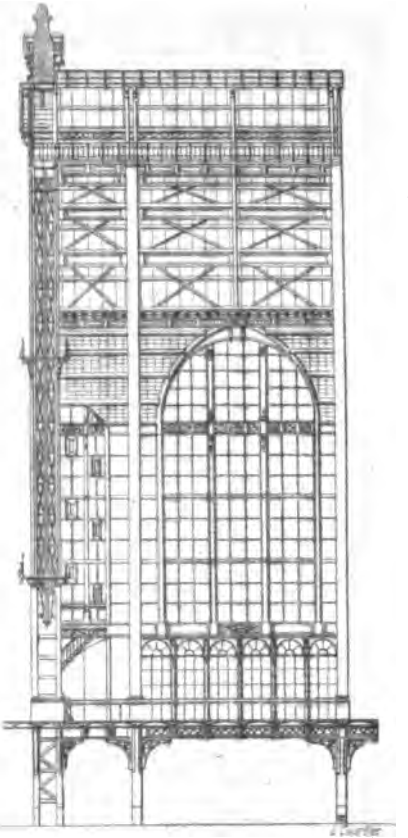


Fig. 2.



Jardin Zoologique; Anvers-Sud, à l'extrémité de la ville, sur les bords de l'Escaut; Anvers-Bassins, gare maritime. Les deux premières sont des gares de voyageurs; toutefois Anvers-Sud sert aussi comme gare de marchandises pour le trafic local, et comme gare de formation pour les plus proches sections des quais de l'Escaut. Les voies et gares de formation qui desservent le port forment dans leur ensemble un C qui passe en arrière des bassins et longe les quais de l'Escaut. Tandis que la branche inférieure du C aboutit à Anvers-Sud, sa branche supérieure se soude aux lignes qui partent d'Anvers-Est. Cette soudure, située entre la gare centrale et l'enceinte, se fait près de la halte de Berchem par des voies qui remontent vers la ville et par des voies qui s'en éloignent; elle dessine ainsi un triangle appelé triangle de Berchem. De ce C partent de nombreuses voies qui passent sur les têtes d'écluses et vont aux divers bassins, magasins et entrepôts.

Toutefois, le réseau est devenu très insuffisant. En présence de la prodigieuse extension du trafic et en vue du prolongement des quais, prolongement dont je parlerai tout à l'heure, on a jugé indispensable d'entreprendre de vastes travaux pour faire face aux nécessités nouvelles sans gêner cependant la circulation urbaine. A cet effet, les voies et stations ont été ou seront relevées d'environ 6 *m* pour supprimer tout passage à niveau à l'intérieur des fortifications : seules les gares d'Anvers-Sud et d'Anvers-Bassins restent, pour le moment du moins, à leur niveau actuel.

Pour cet ensemble de travaux, déjà fort avancés, il a fallu exhausser les terre-pleins de plusieurs stations, créer des viaducs métalliques et des viaducs en maçonnerie, établir des murs de soutènement, etc., etc. Jusqu'à ce jour, 5 millions ont été dépensés, la nouvelle gare comprise. Cette gare, seul ouvrage que nous avons le temps de visiter sous la conduite de M. Van Bogaert, Ingénieur principal des chemins de fer de l'État, est entièrement métallique : je veux dire qu'il n'entre pas de bois dans sa construction. Les fermes, en arcs de parabole, sont munies de trois articulations; elles ont 65 *m* de portée, 36,50 *m* à 38 *m* de hauteur suivant la pente de la rue, et se succèdent de 12 en 12 *m* (*fig.* 2). Entre elles sont aménagées d'énormes fenêtres qui pénètrent les toitures, et donnent à l'édifice un aspect particulier. Jusqu'à la pénétration de ces fenêtres, la toiture est en verre métallifié; elle est en cuivre rouge sur les pénétrations, et en ardoise sur les cintres qui vont de la toiture aux fenêtres. Un lanterneau de 5 *m*

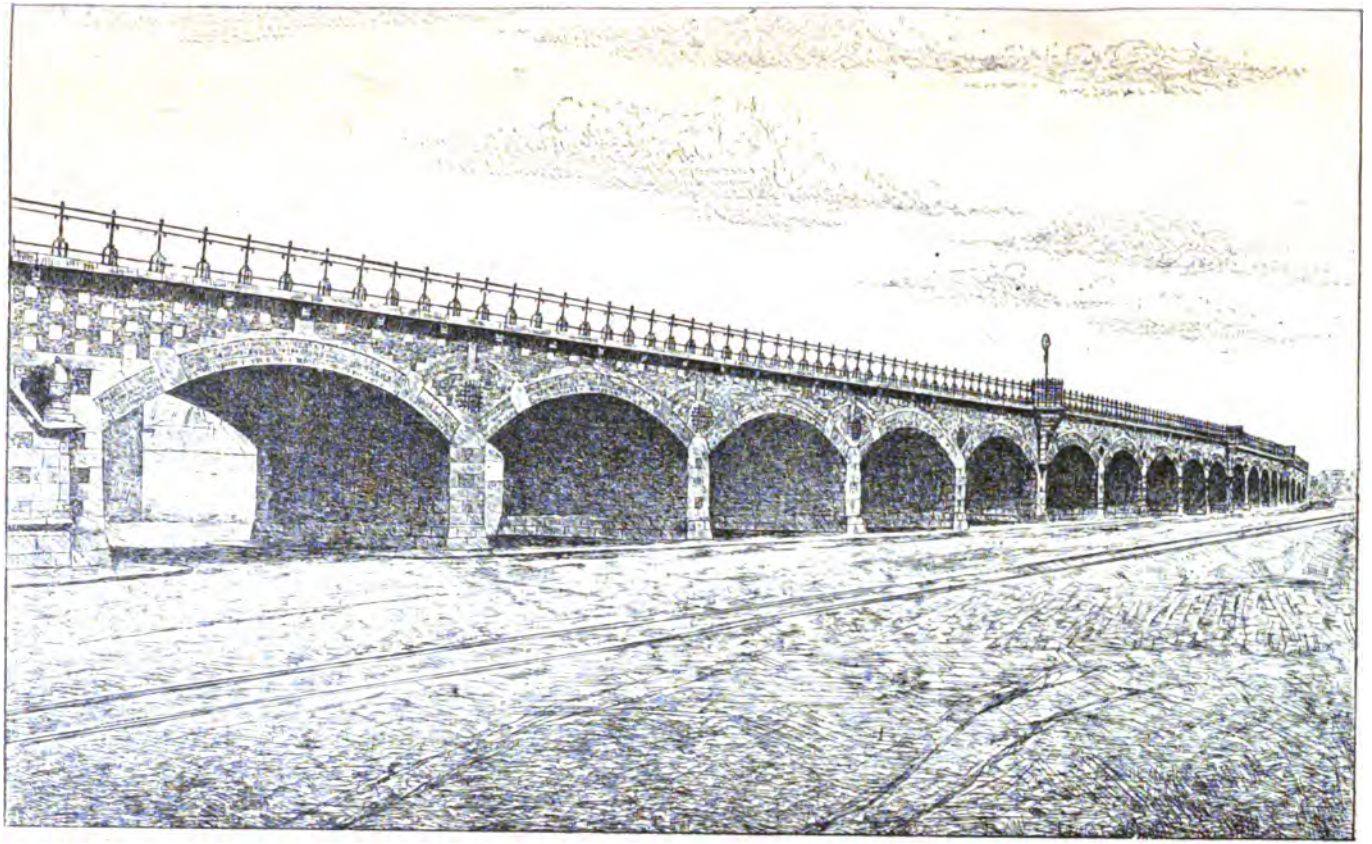


Fig. 3.

domine la gare dans toute sa longueur. Le viaduc en maçonnerie qui porte les voies est tout à fait indépendant de ce vaste édifice. Une usine électrique éclairera la gare et les voies, et actionnera diverses machines, notamment dix-huit ascenseurs hydrauliques.

Ces diverses constructions ont un aspect architectural qui nous a frappés. Les pierres de taille sont des calcaires dévoniens et carbonifères ou des calcaires à crinoïdes communément appelés « petit granit » : elles sont gris bleu et gris blanc ; on a aussi utilisé des grès rougeâtres et, pour les parements intérieurs, des pierres calcaires polies au clair. Les viaducs et ponts métalliques sont en fer laminé qui travaille en général à 6 *kg* par mm^2; le plus souvent on a employé pour les parements des briques émaillées d'un joli effet. Les figures 3 et 4 donnent, au coloris près, une idée des viaducs en maçonnerie et des viaducs métalliques : la première représente les viaducs compris entre la porte Léopold et celle d'Herenthals ; la seconde montre le viaduc de Terloo.

Port d'Anvers. — De la gare, des omnibus spéciaux nous conduisent au port. Vous connaissez l'œuvre de nos collègues et compatriotes MM. Couvreux et Hersent, qui a fait l'objet d'une très intéressante communication à notre Société ; je me bornerai à vous en rappeler à grands traits l'économie générale (*Pl. 200, fig. 2*).

Le port comprend huit bassins et 3 500 *m* de quais sur la rive droite de l'Escaut. Les huit bassins, qui communiquent par des têtes d'écluses, sont disposés en chapelets sur un Y dont la base est formée par le grand et le petit bassin ; ce dernier, en communication directe avec l'Escaut, est un véritable bassin-sas. Le bassin América, affecté au commerce des pétroles, est à l'extrémité d'une des branches supérieures de l'Y ; des dispositifs spéciaux sont destinés à arrêter la propagation de l'incendie. Ces bassins et l'entrepôt, vaste construction de cinq étages, sont desservis par des grues et des ascenseurs hydrauliques. Six formes-radoub complètent cet ensemble : nous avons visité une de ces formes qu'on agrandit pour recevoir les steamers des plus forts tonnages. Les quais sont en amont avec 400 *m* d'eau devant eux et un mouillage de 8 *m* à marée basse. Soixante-cinq grues hydrauliques les desservent ; puis viennent une rangée de hangars métalliques, cinq rangs de voie ferrée et une voie carrossable, le tout sur un terre-plein large de 100 *m*.

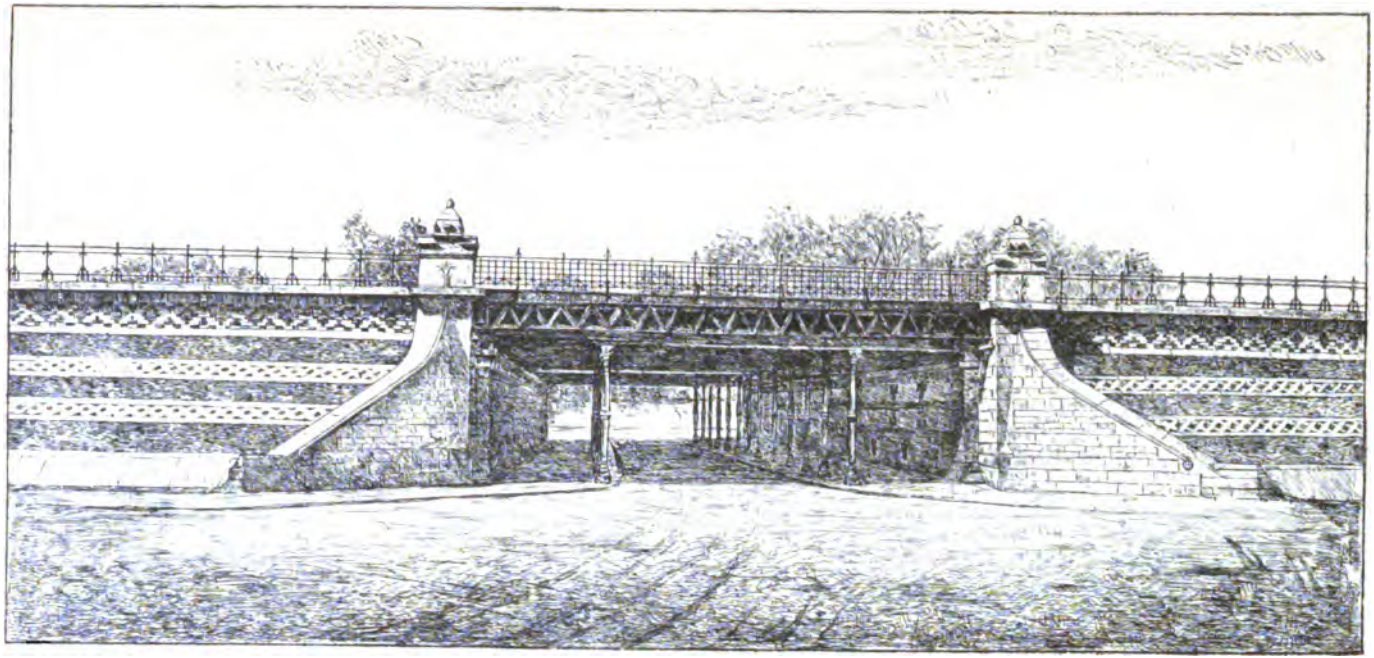


Fig. 4.

Malgré cet outillage formidable, qui a coûté 50 millions à Anvers et 80 millions à l'État, on est très à l'étroit dans le port; le visiteur en a la sensation, en présence de ces bassins remplis de navires, de ces quais gorgés de marchandises, de cette activité fébrile. Et en effet, de 1886, date de l'achèvement des travaux, à 1895, date de la dernière statistique, la navigation intérieure ou battelage a passé de 2 300 000 *t* à 3 500 000 *t*, augmentant de près du tiers; la navigation extérieure a crû de 3 500 000 *t* à 5 400 000 *t*, augmentant de plus de moitié. Le trafic extérieur prend donc des proportions considérables, et la petite Belgique devient de plus en plus un grand pays d'exportation.

Pour ne pas enrayer ce prodigieux essor, on a décidé de continuer les quais sur 2 *km* à l'amont et de les prolonger par une digue ayant plus de 1 *km*, tandis qu'en face, sur la rive gauche de l'Escaut, on créera une jetée directrice de 4 *km*, débordant en aval les prolongements décidés. Les nouveaux murs de quai empiéteront, en certains endroits, d'une centaine de mètres sur la rive actuelle, de manière à se rapprocher des plus grandes profondeurs. Outre les énormes travaux de maçonnerie que nécessiteront ces agrandissements, il faudra draguer 1 million de mètres cubes. Le projet de MM. Hersent, qui s'élève à 10 400 000 *f*, a reçu l'approbation du Gouvernement, et vient d'être définitivement accepté.

Ces travaux d'amont ne sont pas encore commencés que le prolongement du port vers l'aval est déjà à l'étude. N'était l'enseignement qui se dégage pour nous de ces faits, nous pourrions jouir pleinement de cette lutte économique entre le vaillant petit peuple belge et la formidable puissance qui oppose Hambourg à Anvers.

* * *

A midi nous sommes reçus à l'Hôtel de Ville, où le bourgmestre nous souhaite la bienvenue dans une exquise improvisation. Évoquant la fable du *Savetier et du Financier*, le distingué magistrat nous dit les soucis de ceux qui ont charge de la fortune des riches cités; il confesse sa sympathique admiration pour les Ingénieurs, collaborateurs qui font, tandis que son rôle est surtout de parler. Mais ce n'est là, M. le Bourgmestre, que la moindre partie de votre tâche; vous administrez, et les rapides instants que nous avons passés dans votre ville ont suffi à nous indiquer avec quelle hauteur de vues vous vous acquittez de

cette difficile mission. C'est ce que répondent excellemment notre Vice-Président M. Dumont, et M. Gérard, de Bruxelles, qui boivent à la prospérité d'Anvers.

Après une rapide visite de l'Hôtel de Ville, nous nous rendons en hâte — il est près d'une heure, — au déjeuner que nos Collègues anversois nous offrent dans ce Jardin Zoologique dont la réputation est universelle. Au dessert, M. Timmermans remercie les Ingénieurs d'Anvers de la part qu'ils ont tenu à prendre dans la réception de notre Société. Puis nous visitons les monuments et nous faisons une promenade en vapeur sur l'Escaut : à travers le fourmillement des mâts, la rive droite nous montre l'activité de ses quais, tandis que sur l'autre rive se dressent, gardiennes de l'indépendance belge, les classiques fortifications du général Brialmont.

A la descente du vapeur, notre Collègue M. Béliard nous conduit au Cercle français, dont il est président. Tous nos compatriotes établis à Anvers nous y attendent et nous y font une chaleureuse réception; parmi les assistants citons M. Carteron, consul général de France, et M. Borniche, président de la Chambre de commerce française. Tandis que le champagne pétille dans les coupes, M. Béliard nous souhaite la bienvenue et boit à l'union des deux pays; M. Dumont lève son verre en remerciant de toutes les prévenances dont nous sommes l'objet; puis M. Carteron, sollicité de prendre la parole, retrace en termes éloquents les liens qui nous unissent au peuple belge, et donne au commerce français une patriotique leçon que sa haute situation lui permet. « Dans ce port édifié par des Français, dit-il en substance, nous constatons avec peine que notre fret est le plus souvent embarqué sous pavillon étranger. Serons-nous donc seuls à ne tirer aucun profit d'une œuvre qui est la nôtre? A vous, Messieurs, qui représentez l'industrie, je demande instamment de contribuer, par votre propagande, à la création d'une marine commerciale française à Anvers. »

Ensuite nous nous rendons à la gare. Rentrés à Bruxelles à 7 h. 1/2, nous retrouvons à 9 heures les excursionnistes de Quenast dans le merveilleux hôtel de M. Somzée, Ingénieur honoraire des Mines et membre de la Chambre des représentants en Belgique. Fête superbe; collections somptueuses où les plus belles productions de l'art se rehaussent encore du cadre qui les renferme; réunion charmante où se presse avec nous l'élite de la société bruxelloise. Cette réception est essentiellement organisée en notre

honneur; notre éminent Collègue avait écrit à notre Président aussitôt qu'il connut notre voyage pour lui dire qu'il serait heureux de nous recevoir et de « pouvoir témoigner aux excursionnistes ses sentiments de bonne camaraderie ». Ce sont ces sentiments qu'il affirme dans un toast dont M. Lippmann prend texte pour lui dire combien nous serions flattés de voir un plus grand nombre d'Ingénieurs belges entrer dans notre grande famille. M. Somzée pose aussitôt la candidature de ses deux fils, Ingénieurs qui collaborent à ses travaux.

*
* *

Le lendemain, un groupe visite dans la matinée l'usine à gaz de Bruxelles, puis dans l'après-midi l'usine d'électricité de la Ville et l'usine de force motrice des tramways. M. Langlois, à qui incombe la partie électrique du Compte rendu, vous entretiendra de ces deux dernières. Quant à l'usine à gaz, je me contenterai d'en dire quelques mots; elle donne par jour, en moyenne, 150 000 m^3 de gaz de houille, plus 40 000 m^3 de gaz d'huile destiné à augmenter le pouvoir éclairant du premier; tous les fours sont chauffés par des gazogènes. Une nouvelle usine va être édifiée, qui doublera la production. Que cette constatation ne réjouisse pas trop les partisans du gaz dans sa lutte contre l'électricité : elle ne prouve rien en l'espèce, la municipalité ayant conservé le monopole de son éclairage.

*
* *

Port d'Heyst et Bruges-Port de mer. — Le second groupe quitte Bruxelles avant 7 heures. Après un court arrêt à Bruges, qui donne aux moins affamés le temps de parcourir hâtivement la ville, nous prenons place dans un train spécial pour visiter les travaux considérables qu'exécutent notre Collègue M. Coiseau et son associé belge M. Cousin. Ces travaux ne sont encore qu'amorcés, et il me paraît nécessaire, pour qu'on puisse nous suivre utilement dans notre visite, d'exposer succinctement l'ensemble du projet *(Pl. 200, fig. 3 et 4)*.

Le but est double : 1° créer à Heyst un port de vitesse où les transatlantiques rapides entrent, accostent et sortent avec aisance; 2° redonner à Bruges, « Bruges-la-Morte », sa splendeur d'antan, en y créant des bassins reliés d'une part au réseau des canaux

intérieurs, et d'autre part au port de Heyst par un canal maritime. En résumé, travaux d'intérêt général, bien que particulier.

Parlons d'abord du port de Heyst. Il comprendra : 1° un port extérieur constitué par un môle de plus de 2 *km* partant de la côte ouest : l'entonnoir formé par ce môle et par la côte laisse à l'est une large entrée qui mesure 850 *m* à marée basse; 2° un port intérieur long de 680 *m*, relié au précédent par un chenal évasé vers la mer, et placé en arrière d'une écluse de 282 *m* sur 20.

Le môle couvrira l'entrée du chenal et abritera les quais en eau profonde du port extérieur. Il se divisera en trois parties : 1° jetée sur l'estran, qui partira de la voie ferrée de Blankenberghe à Heyst et aboutira à la laisse de basse mer; elle sera constituée par un mur de 3 *m* d'épaisseur protégeant les voies ferrées qui raccordent la ligne ci-dessus avec le terre-plein de la jetée; 2° claire-voie sur pieux métalliques laissant un passage de 250 *m* aux courants de marée, qui pénétreront ainsi dans le port et s'opposeront à son ensablement; 3° jetée pleine protégeant les murs de quais. Ces murs, la jetée pleine et le remblai interposés entre eux constitueront un terre-plein d'environ 1 200 *m* de long et 50 *m* de large. A son pied et jusqu'à 300 *m* de distance, le port extérieur offrira aux navires 8 *m* d'eau à marée basse.

La jetée pleine et le quai auront pour base d'énormes blocs en béton de 3 000 *t*, analogues à ceux dont M. Coiseau a déjà fait usage dans ses travaux de Bilbao. Ils seront échoués sur le fond, dragué et arasé; toutefois, sur une longueur de 300 *m*, le mur de quai sera fondé à la cote - 9,50 *m*, afin de permettre l'approfondissement de cette partie de la rade si le tonnage des navires augmente. Sur les gigantesques blocs de 3 000 *t* s'étageront, en plusieurs assises, des blocs de 50 *t*; un mur d'abri en béton moulé sur place couronnera l'ensemble.

Le chenal est bordé par deux jetées basses. A l'écluse, des portes roulantes à un seul vantail fonctionneront aussi bien comme portes d'ebbe que comme portes de flot; leur partie inférieure sera aménagée de telle sorte qu'on pourra la mettre à sec par l'air comprimé, pour visiter les galets et le chemin de roulement. Un pont tournant sera établi sur chaque tête d'écluse.

Disons maintenant quelques mots du canal maritime et des bassins de Bruges. Le canal, long de 10 *km* et large de 70 *m*, aura 8 *m* de mouillage; deux bassins seront pourvus de 800 *m* de quai avec 8 *m* d'eau, un troisième aura 540 *m* de longueur et 6,50 *m* de mouillage : ces trois bassins seront reliés au réseau des canaux

intérieurs par une écluse un peu plus petite que celle dont j'ai parlé, et mesurant 12 *m* de largeur.

Notre train spécial nous conduit, par la voie de service des travaux, le long du tracé du canal maritime. Nous descendons de wagon quand nous rencontrons les deux grandes dragues à godets qui ont déjà fait le creusement du port intérieur et s'emploient maintenant à creuser le canal. Ce sont d'énormes engins qui renferment une force de 200 *ch* effectifs, et débitent sur chaque rive près de 2000 m^3 par journée de 12 heures. Les terres extraites, sable argileux assez compact, se déversent par un long couloir de 50 *m*, dont la longueur nous rend sensibles les plus faibles oscillations des dragues. Le beffroi a 16 *m* de hauteur; il est surmonté pour la circonstance du drapeau belge et du drapeau français.

Notre marche nous amène ensuite à l'écluse maritime, dont l'excavation est très avancée; on y commence le battage des pieux et palplanches qui formeront le coffrage pour les fondations des bajoyers et des chambres de portes. Deux pompes centrifuges suffisent à maintenir la fouille à sec.

Nous traversons les briqueteries dont le sol, détrempé par une courte averse, est devenu par trop hospitalier. Quatre machines mues électriquement y débitent chacune 40 000 briques par jour. Nous visitons ensuite les ateliers de construction et de réparations: atelier d'ajustage, forge, atelier de charpente, atelier où seront construits les caissons destinés à mouler les blocs de 3000 *t*. Ces caissons, longs de 25 *m* et larges de 7,50 *m*, seront faits en tôle raidie par des membrures; on les montera dans le port intérieur maintenu à sec; dans le fond et sur les parois latérales on coulera du béton de façon à assurer une flottabilité convenable de l'ensemble, et à consolider les membrures; puis on admettra l'eau, et les caissons flottants, remorqués à leur emplacement, seront échoués à marée basse : aussitôt remplis de béton frais, ils constitueront alors des blocs monolithes.

Enfin nous entrons dans l'usine électrique de 400 *ch* dont les dynamos, construites par nos Collègues Hillairet-Huguet, fournissent l'énergie électrique non seulement aux ateliers, mais encore à toutes les machines des divers chantiers. M. Langlois pourra vous en parler en détail, mais je veux signaler dès maintenant cette heureuse innovation sur les grands chantiers de travaux publics. Elle permet de rassembler les chaudières et les approvisionnements dans une station centrale, et de faire correspondre la dépense de combustible au travail réellement utilisé : avantage

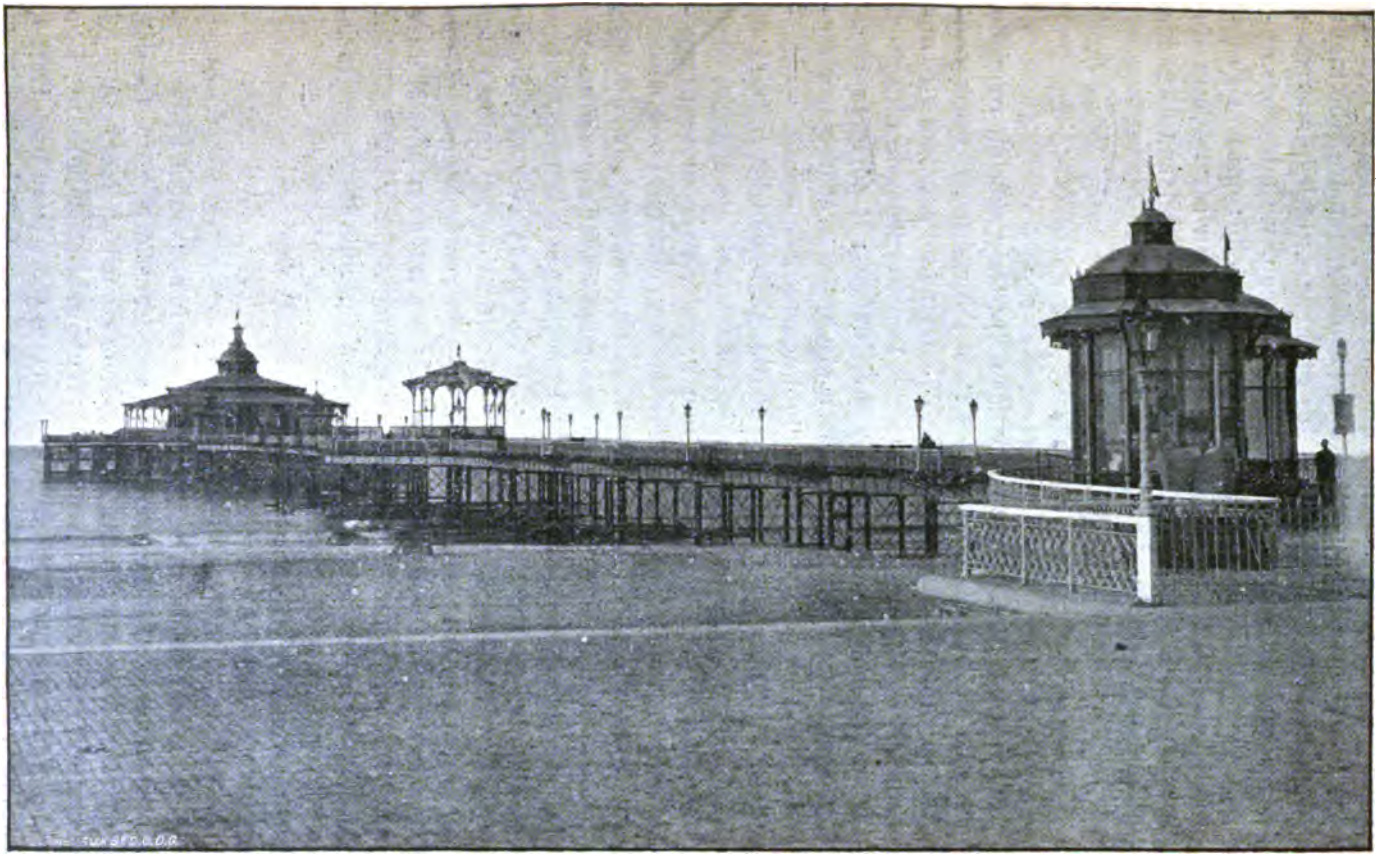


Fig. 5.

appréciable pour des machines qui fournissent un travail très intermittent. Ainsi l'organisation des chantiers, remarquablement ordonnée, réduit au minimum les manœuvres et les dépenses : elle fait le plus grand honneur à M. Coiseau, véritable promoteur de cette nouvelle application de l'électricité ; qui ne se rappelle les remarquables engins qu'il imagina pour ses travaux du port de Bilbao, engins qui sont décrits, du reste, dans toutes les publications techniques?

*
* *

Près des ateliers, nous retrouvons notre train spécial, orné de drapeaux ni plus ni moins qu'un train ministériel. Il nous conduit rapidement à Heyst, comme s'il devinait l'angoisse de nos estomacs. En ce point du programme, le petit carnet de chèques, d'ordinaire bien informé, se trouve en défaut : il porte la mention « lunch offert par MM. Coiseau et Cousin », et c'est un fastueux banquet au champagne auquel nous ont conviés nos aimables amphytrions. A l'heure des toasts, M. Debeil les félicite de l'organisation des chantiers, et boit au succès de l'entreprise; il leur adresse des félicitations non moins vives pour le magnifique ordonnancement d'un autre chantier, celui qui nous réunit, où Français et Belges font assaut de belle humeur et de bel appétit. M. Lippmann insiste sur la conception des travaux que nous venons de visiter, et qui auront pour conséquence la transformation économique de toute la région; il voit dans l'association de MM. Coiseau et Cousin comme la personnification de l'union entre les Ingénieurs des deux pays. M. Coiseau remercie en quelques mots des vœux formés pour le succès des travaux; puis il lève son verre en l'honneur des dames qui n'ont pas reculé devant la fatigue de l'excursion et ajoutent à son intérêt un peu technique le charme de leur présence.

*
* *

Pier de Blankenberghe. — Le train nous mène à Blankenberghe, plage coquette dont nous parcourons le chemin de mer par un soleil éblouissant. Nous arrivons ainsi au pier, dont les honneurs nous sont faits par MM. Wyhowski et Hellemans, l'un Ingénieur et l'autre Architecte de cette jolie jetée métallique, qui date de trois ans. Nous y entrons aux accents de *la Marseillaise*

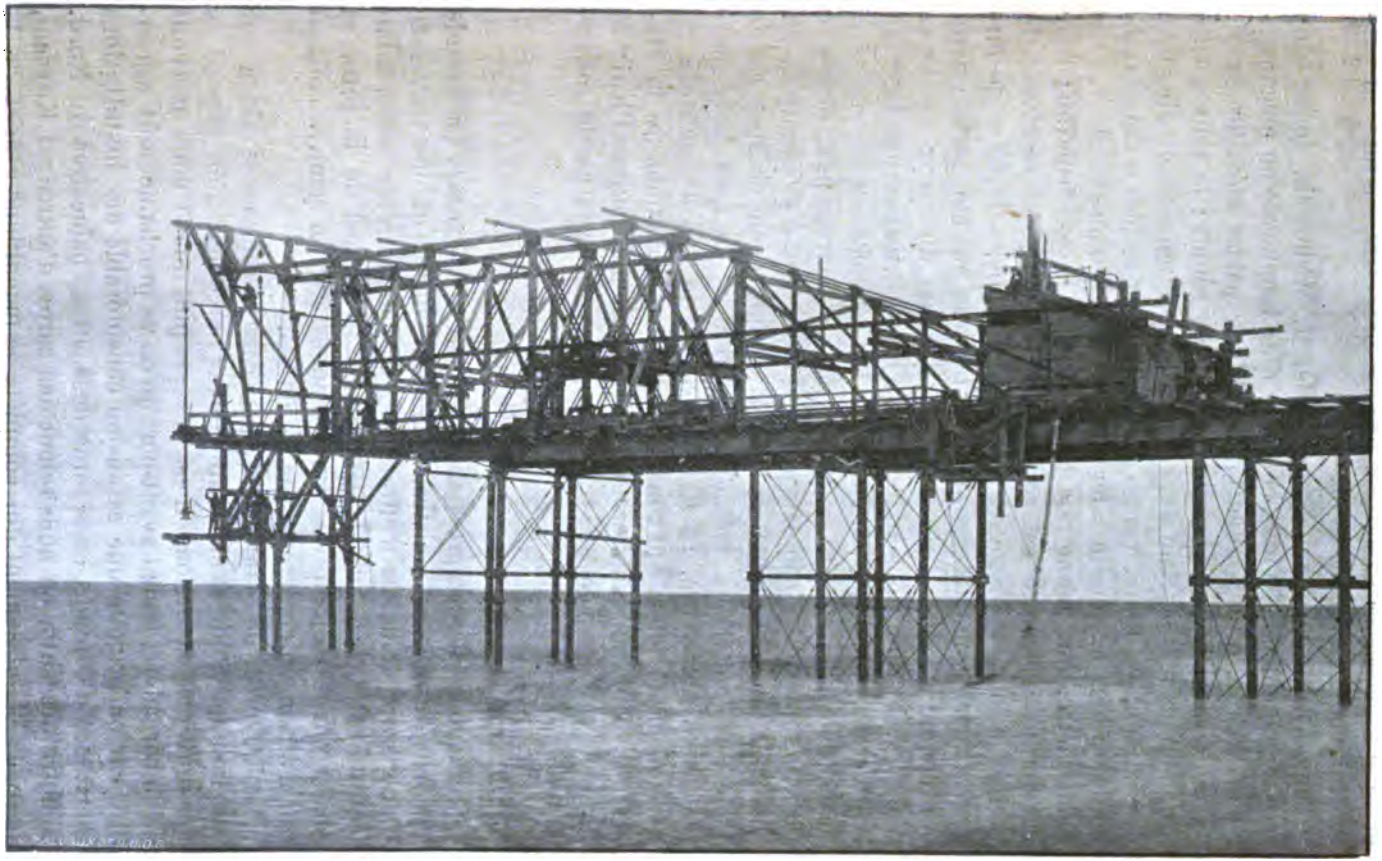


Fig. 6.

et de *la Brabançonne* exécutées par un orchestre féminin au pittoresque costume blanc et or.

Pendant que le champagne circule, M. Wyhowski donne des renseignements sur le pier, composé d'un hémicycle en maçonnerie à l'entrée, d'un pont en 17 travées sur palées métalliques et, au bout, de l'élégant pavillon qui nous réunit : le tout a une longueur de 350 *m*. Sauf deux, les palées se composent chacune de six pieux en fonte, formés de tronçons assemblés à collets et à boulons; leur extrémité inférieure est armée d'une vis de 1,20 *m* de diamètre, qui donne une large assise à la construction; leur extrémité supérieure est coiffée de chapeaux qui reçoivent le tablier et la plate-forme du pavillon. Le tablier a 11,20 *m* de largeur, encorbellements compris. Les travaux ont été confiés à un consortium d'usines belges, et M. Moyaux, directeur de l'une d'elles, veut bien nous apprendre qu'on s'est inspiré des travaux de nos compatriotes MM. Daydé et Pillé, constructeurs du warf de Kotonou. A un autre point de vue, cet ouvrage peut être cité pour la rapidité de son exécution; il a été étudié et construit en moins de six mois, bien qu'on y ait employé en chiffres ronds 1 750 *t* de matériaux métalliques et 450 m^3 de gros bois pour planchers extérieurs. La figure 5 donne la vue d'ensemble de cette élégante jetée, qui constitue une des attractions de la station de bains de Blankerberghe, si fréquentée aujourd'hui; la figure 6 est une vue prise lors du montage de la partie métallique.

* * *

Un vapeur est sous pression, attendant notre sortie. La grande majorité des excursionnistes, et quelques dames qu'une traversée d'une heure et demie n'effraie pas, y prennent place assez laborieusement : c'est qu'il faut enjamber le parapet de la jetée et passer sur le tambour des roues à aubes par un pont... roulant qui n'a rien de commun avec les nôtres.

La traversée de Blankenberghe à Ostende commence alors sur une mer splendide et clémente dont le bercement nous repose de nos multiples excursions. Il est presque nuit quand nous arrivons au débarcadère, dans l'avant-port qu'on va prochainement agrandir, car on projette une extension considérable des installations maritimes d'Ostende, cette reine des stations balnéaires du Nord. A notre descente, on nous remet des cartes d'entrée au Kursaal, luxueux établissement qui complète le magnifique aspect de la

plage, bordée d'une suite ininterrompue de princières villas. Les sages vont jeter un rapide coup d'œil au Kursaal avant le dîner; les noctambules réservent leur visite pour le soir et ne rentrent que fort tard à Bruxelles, avec l'excuse d'avoir suivi l'exemple donné par les Président et Vice-Présidents. Ceux-ci, du reste, sont les hôtes de notre Collègue M. Moyaux, qui honore en leurs personnes la Société des Ingénieurs Civils de France et les Associations des Ingénieurs belges.

***

Glacerie de Courcelles. — Le mercredi matin, on quitte définitivement la capitale belge, et l'on commence la journée par visiter la glacerie de Courcelles. Une locomotive de l'établissement remorque nos wagons spéciaux jusqu'à l'entrée de l'usine. Nous y sommes reçus par MM. Limelette et Seutin, administrateurs, et par le directeur, M. Albert Droit, Ingénieur des Arts et Manufactures. En présence du grand nombre des visiteurs, chacun de ces Messieurs dirige un groupe à travers l'usine.

La fabrication comporte trois phases : production du verre, coulage des glaces, enfin doucissage, polissage, biseautage et argenture des glaces brutes.

Le coulage se fait en versant les pots extraits des fours sur des tables en fonte de 24 m^2; la masse est alors laminée par un cylindre de 3 000 *kg*. Une dynamo actionne d'ingénieux appareils, dus à M. Droit, qui ont permis de réduire la main-d'œuvre et d'éviter aux ouvriers des postes par trop pénibles : coulage, enfournement, défournement et transport du verre fondu se font ainsi avec une sécurité, une rapidité et une précision plus grandes. Créés depuis deux ans, ces appareils sont adoptés à l'étranger et notamment en France, à Jeumont. La glace brute, qui pèse 500 *kg*, est recuite, refroidie lentement, visitée, puis découpée suivant les défauts ou les besoins de la fabrication. Les figures 7 et 8 montrent la manutention du pot de verre à sa sortie du four et son renversement au-dessus de la table de coulée.

Les appareils de doucissage et de polissage sont également dus à M. Droit. C'est encore l'électricité qui actionne les moellons et les feutres rotatifs. M. Langlois vous en parlera plus longuement; il vous décrira aussi le transporteur aérien employé à la glacerie de Courcelles.

Ces établissements, dont le baron Houtart préside le Conseil

d'administration, pourront produire bientôt 220 000 m^2 de glaces brutes et 200 000 m^2 de glaces polies. Ils possèdent actuellement 3 fours à 16 pots et 150 carcaises pour recuire.

Nous assistons à la traditionnelle coulée de quelques grandes glaces, puis chaque visiteur reçoit un petit miroir-souvenir.

*
* *

A midi, départ pour Charleroi où 200 convives assistent au banquet d'adieu que nous offrent la Société Électrique et Hydraulique, dirigée par M. Dulait, et la Société de Marcinelle et Couillet, dirigée par M. Lelong. Au dessert, M. Dulait, qui préside, se félicite de notre excursion dans le riche bassin de Charleroi; la satisfaction des Ingénieurs français, dit-il, est flatteuse pour l'industrie belge, fière d'être jugée par un groupe d'hommes aussi compétents. Notre Président, M. Lippmann, qui s'est prodigué pendant toutes ces journées et nous a dignement représentés, répond avec une chaleur communicative : il résume les excursions de ce trop rapide voyage, proclame hautement l'impression profonde que nous en rapportons, puis, donnant rendez-vous à nos hôtes à l'Exposition de 1900, il remercie tous ceux qui ont collaboré à la magnificence de l'accueil. Sur la proposition de M. Lippmann, M. Van Lint, l'âme de ces belles réceptions, est alors salué d'un triple ban de reconnaissance. Puis M. Gérard exprime combien on nous sait gré d'être venus si nombreux; il prie les dames qui nous ont accompagnés d'agréer aussi les remerciements respectueux des Ingénieurs belges. M. Seutin rappelle en termes délicats la sympathie de la Belgique pour la France, et dit que notre visite fait honneur non seulement aux ingénieurs et aux industriels, mais encore à tous les travailleurs belges.

A la suite du banquet, un groupe se dirige aux Établissements de la Société Électrique et Hydraulique : M. Langlois vous décrira cette visite et vous rendra compte des divers appareils qui nous ont été montrés : dynamos, ponts roulants électriques, tramways de divers systèmes, etc. L'autre groupe part pour Couillet.

*
* *

Société de Marcinelle et Couillet. — La Société de Marcinelle et Couillet possède les hauts fourneaux de Couillet et de Châtelineau, et les charbonnages de Marcinelle; de plus,

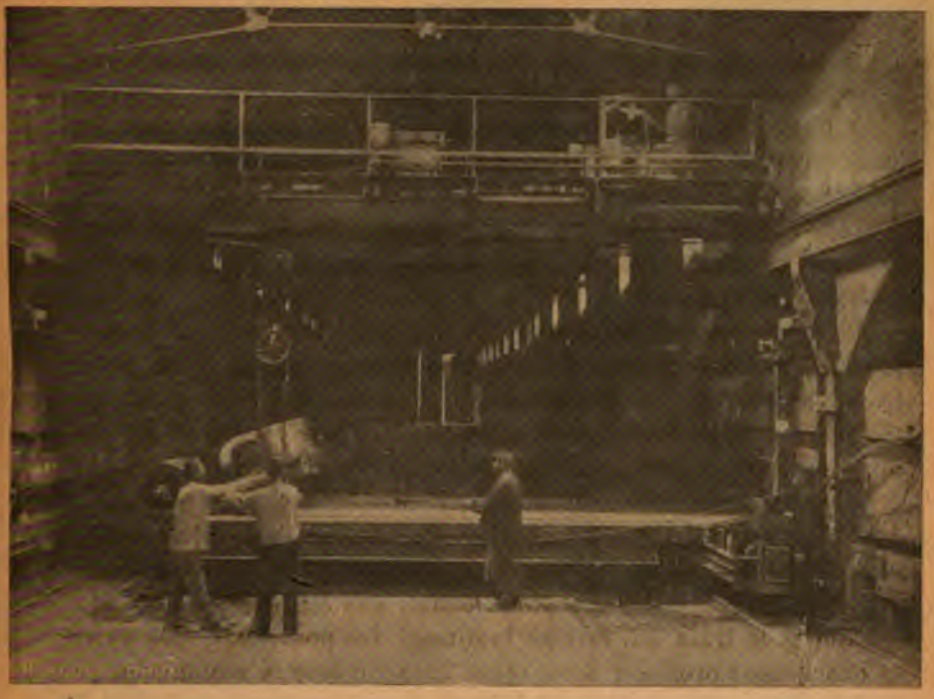


Fig. 7 et 8.

un atelier de locomotives est installé à Couillet, tandis que Châtelineau construit les machines fixes.

La production annuelle est de 100 000 *t* de fer et acier pour les laminoirs, 100 000 *t* de fonte pour les hauts fourneaux, 3 millions de francs de charbon.

C'est l'usine de Couillet que nous visitons, divisés en trois groupes, et cette visite, bien que précipitée, ne dure pas moins de trois heures et demie.

Nous traversons rapidement les fonderies et leurs annexes : fours à coke Solvay, qui récupèrent la chaleur perdue et utilisent les sous-produits de la distillation ; fonderie de fer ; fonderie d'acier où se coulent entre autres d'énormes cylindres de laminoirs. Puis ce sont deux hauts fourneaux qui produisent plus de 200 *t* par jour et envoient leurs gaz dans les foyers de puissants générateurs ; nous voyons ensuite deux fours Martin Siemens et quatre convertisseurs Thomas dont la soufflerie est actionnée par une machine de 2 000 *ch.* Dans le hall des laminoirs, nous remarquons le train qui sert au laminage des poutrelles, des rails et des grands profilés ; il est muni d'un ingénieux système pour transporter automatiquement la barre dans les cannelures successives, et il est commandé par une machine à trois pistons, réversible à grande vitesse, qui peut développer 8 000 *ch.* Les plats qui sortent d'un de ces laminoirs sont aussitôt débités par une grande scie circulaire, et transformés sous nos yeux par une presse en traverses de chemins de fer. Plus loin, nous visitons les ateliers de chaudronnerie, de tournage et de montage pour les pièces de locomotives. Enfin, au moment de notre départ, nous assistons à la coulée, toujours impressionnante, d'un convertisseur qui déverse 12 000 *kg* d'acier incandescent, d'où les étincelles métalliques s'échappent en longues gerbes de feu.

Comme à Quenast, des institutions de prévoyance et d'assistance dotent l'ouvrier d'habitations à bon marché, d'écoles primaire et professionnelle, de caisses de secours et de retraites.

* * *

A six heures et demie, nous nous trouvons de nouveau réunis dans la gare de Charleroi. C'est le moment des adieux, et de cordiales poignées de mains s'échangent. Notre train spécial s'ébranle aux cris de « Vive la Belgique ! Vive la France ! » Ce train, où plus d'un tombe de fatigue et de sommeil, nous amène à Paris

vers minuit. Alors, comme dans la chanson, chacun rentre chez soi, emportant le souvenir d'une excursion instructive et charmante.

Tel est, Messieurs,le résumé de nos six journées de voyage. Ces journées ont été remplies, — c'est bien le cas de le dire, — par des réceptions chaleureuses et par des visites fort intéressantes. Les réceptions ont scellé la bonne confraternité entre les Ingénieurs belges et les Ingénieurs français : en cela elles ont une importance aussi grande que la partie technique; elles avaient donc droit à une large place dans ce compte rendu. Les visites de l'Exposition, des usines, des chantiers et des villes nous ont beaucoup appris, tant au point de vue professionnel qu'au point de vue plus élevé des idées générales. C'est ainsi, par exemple, que nous avons admiré la rapide transformation de Bruxelles, la commodité et le luxe de ses moyens de transport en commun; que nous avons assisté aux débuts si prospères d'une œuvre coloniale datant de dix années à peine; que nous avons senti l'énorme besoin d'expansion du peuple belge, dont l'activité s'accommode mal de ses étroites frontières. Ce besoin se trahit par des préoccupations qu'on devine, et se traduit par des résolutions énergiques et promptes : des centaines de millions ont été ou sont dépensées à Anvers, à Bruges, à Ostende, et vont l'être à Bruxelles. Et nous, spectateurs de toutes ces métamorphoses, nous qu'arrêtent les rouages d'une administration forcément compliquée et qu'écrasent nos formidables budgets de défense nationale, nous nous demandions quelles destinées l'avenir réserve aux peuples qui peuvent ainsi se consacrer sans réserve au développement du commerce et de l'industrie, ces véritables sources du bien-être général; nous pensions, non sans mélancolie, qu'il serait dans le vrai peut-être, le philosophe sceptique qui écrirait : « Heureux les peuples qui n'ont plus d'histoire militaire. »

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

OBSERVÉES

PENDANT LE VOYAGE EN BELGIQUE

(Septembre 1897.)

PAR

M. V. LANGLOIS

Exposition.

Dans ce rapide exposé, je n'ai aucunement la prétention de citer tout ce que l'Exposition de Bruxelles peut contenir au point de vue industriel.

Je me suis renfermé dans des généralités; mais toutefois, j'ai cru bien faire en m'étendant sur des sujets offrant quelque intérêt. Si dans l'énumération des exposants j'en oubliais quelques-uns, je compte sur beaucoup d'indulgence, car nous avons eu peu de temps pour visiter tant de choses intéressantes, et aussi pour retenir toutes celles que nous avons pu voir. Je signalerai tout d'abord les membres concessionnaires de l'éclairage de l'Exposition, et leurs collaborateurs directs ou indirects:

Les Maisons Gramme, Henrion, Bardon, Breguet représentant la France;

Les Maisons Dierman et C^ie^, de Liège; Jaspar également de Liège; la Société Phœnix, de Gand; Von Mulhmann et Forkel, concessionnaires des lampes Jandus à longue durée.

Dans la Galerie des Machines, il faut signaler:

Une machine à vapeur système Herley, desservant une dynamo Phœnix, type Manchester de 500 ampères et 130 volts;

Une machine à vapeur Prudhomme-Prion, actionnant une dynamo « Lahmeyer » tournant à 600 tours à la minute et débitant 600 ampères.

Une turbine à vapeur de Laval, dont notre Collègue, M. Sosnowski, a bien voulu nous faire les honneurs de la démonstration, commande une dynamo Breguet à deux induits Gramme jumelés.

Une machine à vapeur système « Raworth » de 100 *ch*, exposée par la « Brush Electrical Engineering C° », actionne une dynamo système « Jaspar » de 360 ampères, sous 260 volts. Cette dynamo est à 4 pôles avec induit en tambour et enroulement Siemens.

Une machine à vapeur horizontale « Phœnix » actionnant une dynamo à 4 pôles, débitant 350 ampères sous 260 volts.

Une machine à vapeur Gilain, de Turlemont, actionnant deux dynamos à 6 pôles et à tambour Siemens qui, mises en série, peuvent débiter 360 ampères sous 260 volts.

Une machine à vapeur compound à condensation, de la Société « Phœnix » de Gand, actionnant deux dynamos à 6 pôles de la maison Gramme.

Chacune de ces deux dynamos peut fournir 1 100 ampères sous 130 volts.

Enfin un moteur à gaz système « Fielding » de 100 *ch*, commandant deux dynamos « Jaspar », pouvant débiter chacune 150 ampères sous 240 volts.

Tous ces types de machines et de dynamos concourent à l'éclairage de l'Exposition, mais sont disposés de façon que l'un d'eux devenant inutilisable pour une raison quelconque, les autres puissent continuer leur service respectivement dans l'endroit assigné à chacun d'eux.

On a voulu par là éviter toutes récriminations de la part des exposants, au sujet de la responsabilité incombant à un membre quelconque du Syndicat fournissant la lumière ou la force.

Toutefois, pour assurer le service à tout ou partie de l'Exposition, tous les circuits peuvent être alimentés par le groupe « Phœnix-Gramme » qui, en temps normal, ne marche qu'à demi-charge.

Comme pour l'éclairage de la Ville, le réseau d'éclairage de l'Exposition est du système dit à « trois fils », avec 120 volts sur chaque pont.

Les feeders sont en cuivre de 8 *mm* de diamètre.

Les arcs qui sont dans le jardin sont suspendus à des pylônes de 9 *m* de hauteur et terminés en col de cygne.

Ces arcs sont montés par 5 en tension.

L'éclairage est assuré par des lampes à arc de différents systèmes : Pilsen, Maeck et Holstein, Kœrting et Mathiesen, et par quelques lampes hermétiques Jandus.

Les jardins sont encore éclairés ainsi que quelques voies de la Ville, notamment le boulevard Anspach, par des girandoles de

lampes à incandescence de 10 bougies, placées dans des ballons en celluloïd de couleurs diverses.

Enfin quelques centaines de lampes dissimulées dans le feuillage, alors encore vert des arbres, ajoutaient une note gaie à cette partie de l'Exposition : le Parc du Cinquantenaire.

Je reviens à la salle des Machines pour signaler notamment :

L'exposition de la maison Dierman et Cie de Liège qui présente une pompe électrique de mines système Sulzer, débitant 25 *l* à la seconde, à 100 *m* de hauteur.

La maison Lebrun, de Nimy, expose une locomotive électrique de mines destinée aux mines de Godbrange (Meurthe-et-Moselle).

Le système est à trolley, et le moteur peut débiter 800 ampères à 500 volts.

Deux rails, disposés à la partie supérieure de la galerie, permettent de prendre le courant à l'aide de deux petits chariots constitués chacun par trois galets situés dans un même plan, deux à la partie supérieure du rail, le troisième à la partie inférieure.

Les trois axes de ces galets sont supportés par une pièce métallique.

Le châssis de la locomotive est en tôle; tous les axes, les engrenages, les cônes et les pièces principales sont en acier.

Le moteur est une dynamo série de 40 kilowatts avec balais en charbon.

L'axe de l'induit est dans le sens de la voie; il attaque directement les essieux par engrenages coniques et engrenages cylindriques.

Le changement de marche se fait mécaniquement à l'aide de deux embrayages à friction, manœuvrés par un volant et fixant sur leur axe un des deux engrenages coniques attaqués par le pignon de l'induit.

Les axes des engrenages coniques et la commande des embrayages sont à réaction sur billes; l'induit tournant toujours dans le même sens, sa force vive est utilisée pour les démarrages dans les deux sens, ce qui rend les manœuvres très rapides.

Le rhéostat, avec levier de manœuvre placé en face du machiniste, est composé de cadres démontables, avec résistances en fils fins réunis en quantité, afin d'éviter les échauffements. Le frein est constitué par des sabots en bois : il est commandé par un volant à vis.

Le poids total est de 6 tonnes, et la vitesse de marche atteint 10 *km* à l'heure.

La maison Lebrun expose également un treuil électrique pour mines à grisou.

A cet effet, il faut éviter les échauffements et les étincelles. Aussi pour la dynamo utilise-t-on l'action centrifuge de l'induit, ce qui produit un courant d'air; cet air s'introduit par des œillards et s'échappe par les angles de la carcasse, d'où il est refoulé dans un appareil radiateur en cuivre mince à ailettes, où il se refroidit pour être confiné à nouveau. C'est donc toujours le même air qui circule dans le moteur; celui-ci peut donc être placé dans une enveloppe hermétique, ce qui permet le fonctionnement du treuil dans un milieu grisouteux.

Le moteur de ce treuil est d'une puissance utile de 6 *ch*.

Une exposition intéressante et variée est celle de la maison Ganz et C^ie^ de Budapesth, qui expose depuis des ventilateurs électriques lilliputiens jusqu'à une turbine à eau de 350 *ch*, des dynamos à courant continu, à courants monophasés, triphasés, polyphasés; des moteurs pour tramways, soit à courants continus, soit à courants triphasés; des appareils de tableau de distribution, notamment un disjoncteur automatique; des controller pour tramways; des appareils de mesure, des compteurs d'énergie, etc.

Enfin, l'Union Électricitäts-Gesellschaft, de Berlin, expose, indépendamment des machines-outils de la maison Ludwig, Lœve et C^ie^, commandées directement par moteurs : foreuse de précision, fraiseuse universelle, machine à fraiser circulairement, tour automatique, etc :

1° Un cabestan qui sert à ranger et haler les wagons sur les chemins de fer d'usines, et peut être appliqué dans les installations minières;

2° Une grue pivotante, très intéressante, remarquable par la simplicité de ses organes de commande.

Au point de vue électrique, elle consiste en deux moteurs, dont l'un de 110 volts, — 65 ampères — sert pour exécuter les mouvements d'orientation, l'autre de 110 volts, — 200 ampères — sert pour les mouvements de levage.

Deux rhéostats de démarrage indépendants l'un de l'autre, sont manœuvrés à l'aide de secteurs dentés montés sur transmissions à la Cardan permettant les manœuvres dans tous les sens.

Un levier conique, que l'on manœuvre dans le sens voulu, suffit pour opérer les mouvements d'orientation et de levage.

L'Union expose aussi une locomotive électrique de mines dont elle construit des types de 4 à 16 *ch.*

Ce type de mines est pourvu d'un ou deux moteurs étanches.

Il faut signaler aussi les dynamos perforatrices qui servent à actionner les perforatrices pour le creusement des trous de mines, dans la roche dure.

Deux trucks pour tramways sont également exposés.

L'un, pourvu d'un moteur de 20 *ch* à « controller » et d'un frein électrique, est semblable au modèle adopté pour les tramways de Bruxelles.

L'autre, d'une puissance de 30 *ch* à « controller », avec frein à air, sert pour les tramways à canalisation souterraine.

L'écartement du caniveau n'est que de 27 *mm.*

Le contact a lieu par fils et galets sans retour par le rail.

Une ingénieuse disposition permet de sortir du caniveau l'équipage soutenant les galets, et facilite les visites.

Relativement à ce système de tramways, il m'eût été agréable de présenter une coupe de la rue de la Loi dans laquelle passe ce type de tramways ; une coupe de cette rue figure précisément dans le Jardin du Cinquantenaire : les canalisations d'eau, de gaz, d'égouts, et le caniveau pour le tramway y sont représentés grandeur d'exécution.

Il est alors possible de se rendre compte de la facilité avec laquelle les eaux ou les ordures peuvent s'écouler par les conduits *ad hoc* dans les égouts.

Perforatrices électriques.

Les perforatrices électriques qu'expose la Société « Siemens et Halske » de Berlin constituent une attraction intéressante.

Cette Société a en effet érigé, dans le Parc du Cinquantenaire, un petit bâtiment, à proximité du Palais de la Ville, où il est possible de voir fonctionner les perforatrices de différents modèles.

Ce bâtiment est suffisamment solide pour parer aux chocs auxquels il est soumis, lorsque les perforatrices travaillent.

Il est disposé de façon à contenir quatre perforatrices pouvant travailler dans des blocs de nature différente, tout en laissant assez d'espace aux visiteurs pour qu'ils puissent se rendre compte du travail.

C'est ainsi que sous la conduite de l'aimable M. Hoho, directeur

de la Société des Applications générales de l'électricité, nous avons pu juger des résultats obtenus à l'aide de ces appareils.

L'électricité, qui a depuis quelques années trouvé son application dans les mines, dans les carrières au point de vue de l'éclairage, trouve maintenant une application beaucoup plus importante dans la transmission de la force motrice.

Il s'agit en effet, dans bien des cas, de travaux exécutés à des distances relativement grandes d'une usine de force motrice, et là où le moteur à vapeur, à air comprimé, peuvent présenter des difficultés au point de vue de l'établissement et de l'exploitation, le moteur électrique a été employé avec avantage.

Les canalisations de vapeur ou d'air comprimé nécessitent toujours des joints difficiles à maintenir étanches.

Des ventilateurs, des ascenseurs, des pompes, des cabestans, des treuils sont couramment actionnés par moteurs électriques.

Quant aux perforatrices, elles avaient également à gagner à être commandées électriquement.

La Société Siemens et Halske est arrivée à appliquer directement le mouvement alternatif au moteur électrique ordinaire, ce qui a permis de l'employer dans les perforatrices à percussion.

Le moteur électrique est relié à la perforatrice par une transmission flexible.

Le type que présente la Société Siemens et Halske se compose de la perforatrice proprement dite, et d'une caisse renfermant le moteur et ses accessoires : le poids total ne dépasse pas 100 *kg.*

Cette caisse est munie de poignées, ce qui permet de la transporter facilement.

Dans cette caisse, il y a un rhéostat de démarrage qui permet d'opérer des graduations de vitesse pour la perforation.

Deux ouvertures permettent de raccorder au moteur, et par un manchon, la transmission flexible d'une part, et de l'autre les conducteurs qui arrivent à des bornes.

Une prise de courant bipolaire ou tripolaire relie les conduites aux bornes du moteur.

Dans la caisse à moteur, il y a un commutateur qui permet, en cas d'erreur de couplage des conducteurs, de faire tourner le moteur en sens convenable.

Ceci est indispensable quand on branche les conducteurs sur une canalisation dont les pôles ne sont pas reconnus.

Pour faciliter l'installation dans les carrières, on fait aboutir

les câbles venant de la source génératrice à une boîte de raccordement.

Cette boîte, qui contient des coupe-circuits, est facile à visiter.

Un bout de câble à deux conducteurs ou à trois conducteurs (suivant la nature du courant) qui porte à l'une de ses extrémités une prise de courant, relie la boîte de raccordement à la partie supérieure d'un tambour.

La prise de courant possède un couvercle protecteur.

Le tambour porte une certaine longueur de câble dont l'une des extrémités aboutit, comme il est dit, à la partie supérieure de ce tambour : l'autre s'adapte à la caisse du moteur au moyen d'une prise de courant bipolaire ou tripolaire.

Les perforatrices sont de deux genres : elles sont rotatives ou à percussion.

La perforatrice rotative s'applique au travail dans la roche tendre : son poids n'est que de 32 *kg*.

Elle se distingue par ce fait qu'elle exclut tout excès de travail, tant pour l'outil que pour le moteur et pour la transmission flexible, même lorsque l'outil rencontre des obstacles offrant une résistance non prévue.

La vitesse de pénétration étant très grande dans les roches tendres, la perforatrice est pourvue d'un mouvement automatique pour l'avancement.

De sorte que la puissance maximum ne peut être développée que dans la pierre pour laquelle la perforatrice a été étudiée et construite, et cette puissance diminue automatiquement dès que l'outil rencontre des obstacles plus durs.

Cette perforatrice est montée sur un fût vertical le long duquel elle peut être déplacée, de façon qu'elle peut opérer à toute hauteur.

La mèche est en spirale ; elle a environ 40 *mm* de diamètre, et l'avancement varie de 300 à 400 *mm* par minute.

La perforatrice à percussion s'emploie dans les roches dures.

Son poids est de 90 *kg*.

Le mouvement d'avancement et de recul est communiqué au perforateur par une manivelle.

Un mouvement de recul se produit lorsque l'outil est coincé.

Cette perforatrice perce dans du granit des trous de 35 *mm* de diamètre, et de 80 à 100 *mm* de profondeur par minute.

Les perforatrices exposées exigent une force électromotrice de de 110 volts pour des distances de 500 *m*, 220 volts pour 3 000 *m*, quand le courant est continu.

Au delà de cette distance de 3 000 *m*, les courants polyphasés de haute tension s'imposent. C'est ce qui a lieu pour la commande des deux perforatrices dont il vient d'être question.

Les moteurs sont construits pour 50 périodes à la seconde.

En résumé, l'application de l'électricité pour actionner des perforatrices est d'une économie sensible, eu égard au faible prix de la canalisation.

De plus, l'éclairage électrique des mines ou carrières, où ces perforatrices sont installées, y peut être appliqué facilement au moyen de dérivation prise sur la caisse du moteur.

Transport d'énergie. — La Société Siemens et Halske, de Berlin, représentée en Belgique par M. Hoho, a fait une installation de transport par l'électricité assez intéressante à tous égards.

L'usine génératrice est à Tervueren, dans la Galerie des Machines, et la station réceptrice est à Bruxelles, dans le Parc du Cinquantenaire.

La distance entre les deux stations est de 12 700 *m*.

Usine génératrice. — A l'usine génératrice, une machine à vapeur de 200 *ch* actionne par courroie une dynamo à courant triphasé.

Cette dynamo génératrice tourne à 500 tours par minute; elle est bobinée pour donner directement 4 000 volts.

Elle est composée de deux parties distinctes : d'un anneau extérieur fixe et d'une partie mobile montée sur paliers, et susceptible de tourner à l'intérieur de l'anneau fixe.

La partie fixe est composée de tôles en fer recuit, assemblées, isolées entre elles et formant dans leur ensemble un cylindre creux dont la surface intérieure est percée de nombreuses rainures.

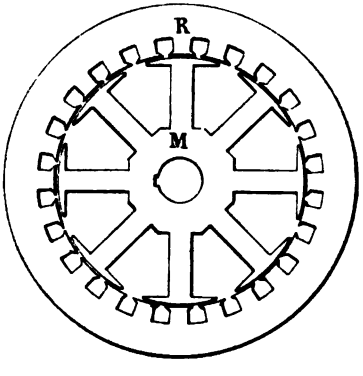


Fig. 1

A l'intérieur de ces rainures est noyé un système de bobines en fil de cuivre, isolé avec soin.

La partie mobile, clavetée sur l'arbre, forme un système électro-magnétique induit de forme étoilée; elle est aussi en fer doux. *(Fig. 1.)*

Le bobinage de la partie mobile est disposé de façon à obtenir des pôles successifs alternés.

L'excitation de ce système d'électro est produite par une excitation à courant continu, montée en dehors de l'un des paliers, sur le prolongement de l'arbre de la dynamo.

Le système électro-magnétique mobile, étant excité, produit un champ tournant magnétique dans le fer de l'anneau fixe, lequel à son tour engendre un courant de haute tension dans les spires noyées.

Tous les appareils nécessaires à la station génératrice sont montés sur un tableau surmontant une colonne.

Ce tableau comprend:

Un ampèremètre pour la mesure du courant d'excitation (courant continu).

Un autre ampèremètre permet de contrôler le courant de haute tension (triphasé).

Un voltmètre indique la tension de ce courant.

Ce voltmètre n'est pas branché directement sur les fils de haute tension, mais sur un petit transformateur réducteur spécial.

La division du voltmètre porte le nombre réel de volts pris aux bornes de la génératrice, afin de lire directement.

Les appareils sont placés dans une armoire vitrée.

La colonne renferme dans son socle un rhéostat de réglage permettant de faire varier l'excitation.

Le surveillant a pour mission de maintenir la tension de la machine à 4 000 volts à l'aide du rhéostat précédent.

Ligne. — La ligne qui relie les deux stations, est aérienne ; elle se compose de trois fils de cuivre de 62/10 de diamètre.

Elle traverse des prairies, des forêts, des routes, des voies ferrées et aboutit à Bruxelles, au Parc du Cinquantenaire, comme il a été dit déjà.

Toutes les précautions ont été prises pour l'installation de cette ligne, tant pour le montage que pour l'isolement.

Tous les isolateurs sont à triple cloche en porcelaine.

Les poteaux qui supportent les isolateurs ont environ 8 *m* de hauteur, et sont distancés de 40 *m* environ.

La perte totale dans la ligne est d'environ 7,2 0/0.

Les têtes des isolateurs ont été émaillées en vert, afin de les distinguer des isolateurs des lignes de télégraphes ou de téléphones.

Afin d'éviter tout contact dangereux dans le cas où un fil vien-

drait à se rompre, la ligne est munie d'un filet protecteur relié à la terre, aux traversées des routes, et à l'intérieur de l'Exposition.

Les parafoudres, dits à cornes, répartis sur la ligne, sont très intéressants :

Ils se composent de deux fils de cuivre assez forts, recourbés dans un même plan, et en regard l'un de l'autre en forme de cornes, comme l'indique la figure 2.

Ils sont fixés sur des isolateurs en porcelaine.

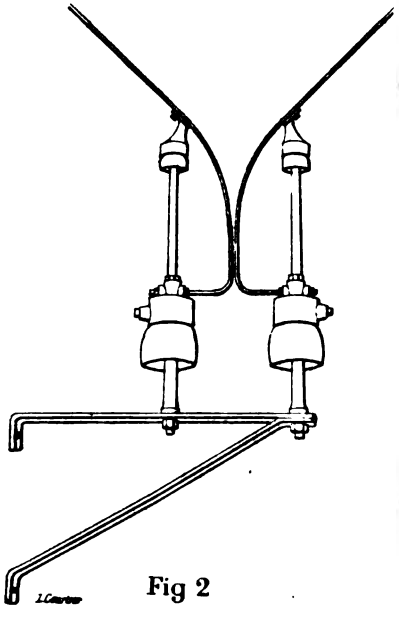


Fig 2

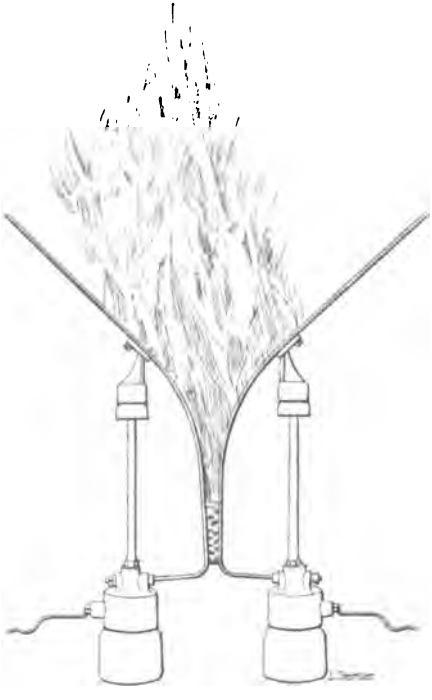


Fig. 3

L'un des fils aboutit à la ligne à protéger, l'autre est relié directement à la terre.

Si la foudre vient à frapper le fil protégé, elle trouve un chemin direct à la terre en franchissant le petit espace qui sépare les deux cornes.

Un arc jaillit au bas de l'appareil, arc qui a tendance à s'élever du fait de l'air ambiant qu'il surchauffe, et des effets électrodynamiques engendrés par le passage du courant dans les fils.

Ainsi à une hauteur définie, cet arc se rompt de lui-même.

La figure 3 est une vue photographique d'un tel arc occasionné par un court circuit à 10 000 volts.

Un de ces parafoudres est placé sur chacun des trois fils, à la sortie de la station génératrice et à l'entrée de la station réceptrice, et en trois points différents de la ligne.

Le pavillon de la Pompe est également pourvu d'un tel parafoudre ; mais il est purement destiné à la démonstration du phénomène cité précédemment.

C'est là du reste que nous avons eu l'occasion de le voir fonctionner.

Lors de notre visite, M. Hoho, directeur de la Société pour les applications générales de l'électricité (système Siemens et Halske), a bien voulu provoquer plusieurs courts circuits, afin de nous donner une idée de l'arc produit.

Notons que chaque fil est également muni d'un coupe-circuit composé de fils fins en cuivre renfermés dans un tube en verre contenant du gypse.

Ces fils fondent dans le cas d'un courant trop fort dans le circuit primaire, et provoquent la rupture automatique du circuit.

Usine réceptrice. — La station réceptrice, se compose d'un pavillon complètement vitré.

Elle comprend : deux transformateurs triphasés, réduisant le potentiel de 4000 volts à 120 volts.

En principe, chaque transformateur se compose de trois noyaux de fer reliés par deux culasses à une jonction commune.

Sur les noyaux, sont disposés deux enroulements de fil de cuivre ; l'un de fort diamètre et de peu de spires ; l'autre de plus faible diamètre, et d'un plus grand nombre de spires.

Le courant primaire qui circule dans le fil fin détermine dans le transformateur un courant intense dans les bobines de gros fil.

Le courant secondaire fourni par les deux transformateurs est alors amené à deux tableaux portant chacun un interrupteur tripolaire, un coupe-circuit tripolaire, un ampèremètre et un voltmètre.

A chacun des deux tableaux, est relié un moteur à champ tournant d'une puissance de 65 *ch* effectifs, à la vitesse angulaire de 730 tours à la minute.

Ce moteur est analogue à la génératrice, et se compose, comme elle, d'un anneau extérieur formé de disques annulaires assemblés.

A la périphérie intérieure de cet anneau sont pratiquées des rainures à l'intérieur desquelles est logé un système de bobines.

La partie mobile, clavetée sur l'arbre, diffère cependant en quelques points de celle de la génératrice.

Ainsi, au lieu d'être étoilée, elle présente plutôt la forme d'un cylindre creux, constitué par des disques en tôle rainés suivant des génératrices, et enroulés de bobines dont les extrémités aboutissent à trois bagues de contact.

Si maintenant le courant à basse tension venant des transformateurs est envoyé dans l'enroulement de la partie fixe du moteur, il se produit dans cet anneau un champ magnétique tournant, lequel à son tour induit un courant dans l'enroulement de l'organe mobile, créant un second champ magnétique.

L'effet alternatif entre les phénomènes électriques et magnétiques dans les parties fixe et mobile, exerce un couple moteur tel que l'organe mobile se met à tourner.

Les trois bagues de contact dont il a été question précédemment, sont reliées électriquement à un rhéostat de mise en marche. On diminue progressivement la résistance, au fur et à mesure que le moteur prend sa vitesse de régime.

Lorsqu'il a atteint sa vitesse normale, les trois bagues sont reliées entre elles.

Tramways électriques bruxellois.

Préliminaires. — Avant de donner la description de l'usine centrale, je donnerai quelques détails sur le réseau électrique des tramways.

Réseau électrique. — Ce réseau comprend les lignes suivantes :

1° *Ligne des boulevards circulaires*, inaugurée le 1er mai 1894. Cette ligne, qui est à double voie, a une longueur de 4 850 *m.*

2° *Ligne de la place Stéphanie à Uccle*, inaugurée en mai 1894 ; est à double voie ; sa longueur est de 3 925 *m.*

3° *Ligne de la gare du Midi à Uccle*, est également à double voie ; elle a été inaugurée en octobre 1896, et sa longueur est de 4 700 *m.*

Ces trois lignes sont à canalisation aérienne.

4° *Ligne de l'impasse du Parc au Bois de la Cambre par la rue de la Loi et le boulevard Militaire*, inaugurée en mai 1897 ; est à double voie, et sa longueur est de 6 500 *m.*

Sur un parcours de 2 400 *m* la traction se fait par canalisation souterraine.

Sur le reste du parcours, soit 4 100 *m*, la canalisation est aérienne.

5° *Ligne de Schaerbeck au Bois de la Cambre.* Sa longueur totale est de 8 *km* à double voie.

La canalisation est entièrement souterraine ; elle a été inaugurée dans le mois de septembre 1897.

La plupart de ces lignes sont à profil accidenté.

Les rampes les plus fortes ne dépassent pas 6,2 0/0 sur une longueur d'environ 600 *m* et 4,5 0/0 sur une longueur d'environ 1 800 *m*.

Le plus petit rayon de courbe est de 15 *m* sur un arc de 110°.

L'écartement des essieux des voitures est de 1,80 *m* d'axe en axe ; le diamètre des roues est de 0,760 *m*, calées sur essieux parallèles, à la distance de la voie normale.

La largeur de la jante des roues, bourrelet compris, est de 85 *mm*.

Les lignes aériennes sont munies du matériel Thomson-Houston.

Le fil du trolley est de 8,3 *mm* : il est suspendu soit à des potences, soit à des fils transversaux en acier fixés à des poteaux, ou à des rosaces dans les façades.

Le fil de trolley est divisé en sections isolées de 500 *m* environ ; chacune de ces sections est reliée par ses deux extrémités au fil d'alimentation par des câbles montant à l'intérieur des poteaux.

Ces câbles de raccordement portent des interrupteurs qui permettent de mettre hors circuit une section s'il y a lieu.

Les lignes à traction souterraine sont munies d'un caniveau du type de « l'Union Elektricitäts-Gesellschaft » de Berlin.

Le caniveau se trouve sous un des fils des rails de roulement ; la rainure d'accès de 30 *mm* de largeur normale étant constituée par l'intervalle existant entre deux rails Haarmann de 26 *kg* chacun par mètre.

La profondeur du caniveau est de 620 *mm* à partir du sol.

L'ossature du caniveau est constituée par des cadres distants de 1,250 *m*, et l'intervalle entre ces cadres est rempli par de la maçonnerie de béton ou de briques.

Des puisards, distants de 40 *m* environ, sont raccordés à l'égout par une conduite munie d'un clapet de retenue.

Le caniveau contient deux conducteurs de courant, un pour l'arrivée, l'autre pour le retour.

Ces conducteurs sont constitués par des fers profilés I de 9,300 *kg* le mètre courant et d'une longueur de 10 *m*.

Ils sont supportés à leur point de jonction par un isolateur principal, et la continuité du courant est assurée en ces points par une connexion en cuivre.

Des couvercles mobiles, distants de 10 *m*, permettent la visite de ces isolateurs et des connexions.

Des isolateurs secondaires supportent ces conducteurs au milieu de leur longueur.

Les lignes souterraines sont divisées en quatre sections, alimentées séparément de l'usine, mais des boîtes de connexion permettent, en cas de besoin, de relier ces diverses sections entre elles.

Le matériel roulant comprend 100 voitures automotrices, toutes munies de deux moteurs.

Vingt-trois voitures anciennes ont des moteurs de 15 *ch* chacun; les autres sont munies de moteurs de 25 *ch* chacun.

En service, ces voitures remorquent une ou deux voitures ouvertes.

Chaque voiture pèse 6500 à 7000 *kg* à vide.

La vitesse de marche est en moyenne de 12 *km* à l'heure.

Les voitures sont munies du « Série-parallel-controller » de la General Electric Company (États-Unis).

Cet appareil, auquel aboutissent le fil du trolley et tous les fils actifs des moteurs, comprend en principe deux commutateurs à tambour qui permettent de faire avec les connexions toutes les combinaisons nécessaires.

L'un des tambours ne sert absolument qu'à renverser le sens du courant dans les deux induits pour la marche en arrière.

L'autre sert à réaliser les combinaisons suivantes :

1° Les deux moteurs en série avec toute la résistance ;

2° Les deux moteurs en série avec une partie de la résistance ;

3° Les deux moteurs en série sans résistance ;

4° Les deux moteurs en série sans résistance avec fraction du champ ;

5° Les deux moteurs en quantité avec une partie de la résistance ;

6° Les deux moteurs en quantité sans résistance ;

7° Les deux moteurs en parallèle sans résistance avec une partie du champ magnétique seulement.

Un appareil permet de mettre à volonté l'un ou l'autre moteur hors circuit ; un enclenchement spécial empêche toutes combinaisons au delà de la quatrième.

La plupart des voitures sont munies à la fois de la prise de courant aérienne et des prises de courant souterraines, de façon à pouvoir circuler sur les lignes à fil aérien ou à caniveau souterrain.

Les prises de courant souterraines sont disposées de façon à pouvoir être introduites dans le caniveau ou retirées en un point quelconque du réseau.

La voie est à l'écartement normal, à l'exception du rail Haarmann des voies à caniveau ; elle est constituée par des rails Phénix du poids de 42 *kg* posés sur ballast.

En vue de faciliter le retour du courant, les rails sont reliés à chaque éclisse par une connexion en cuivre.

Le pôle positif des dynamos est relié aux fils de trolley, le pôle négatif aux rails.

La protection contre la foudre est réalisée par des parafoudres système Thomson à souffleur magnétique.

Il existe un parafoudre :

1° Sur chaque voiture ;

2° Sur chaque section de fil de trolley ;

3° Sur chaque dynamo à l'usine.

Usine des tramways. — Cette usine est située rue Brogniez ; elle dessert tout le réseau.

Dès le début, cette usine fut établie dans une partie d'un ancien dépôt qui était affecté aux lignes à traction animale.

L'extension que prit l'affaire obligea à occuper tout le dépôt ; il n'y a donc pas lieu d'être étonné de l'irrégularité de la configuration de l'usine et surtout du peu d'homogénéité des constructions.

Cette usine comprend actuellement :

1° Cinq chaudières Babcock et Wilcox de chacune 235 m^2 de surface de chauffe.

La cheminée a 34 *m* de hauteur et 2 *m* de diamètre au sommet.

2° Cinq machines à vapeur compound tandem de Mac-Intosh et Seymour.

Les dimensions principales sont :

Diamètre du cylindre haute pression	330 *mm.*
— — basse pression	482,5 *mm.*
Course du piston	381 *mm.*
Nombre de tours par minute	235.
Pression	9 *kg.*
Puissance indiquée	180 *ch.*
Puissance effective	150 *ch.*

La détente a lieu à l'air libre.

3° Cinq dynamos commandées directement par courroies ; elles sont du type Brown à 4 pôles, à induit en tambour.

Chaque dynamo débite 200 ampères sous 500 volts.

L'armature est dentée et l'excitation est hyper-compound.

Ces machines et dynamos constituent la partie installée en 1894 pour les premières lignes.

En vue de l'extension du réseau en 1897, on a dû ajouter :

1° Deux machines à vapeur compound-tandem à détente Corliss-Bonjour de 750 à 1400 *ch* chacune.

Ces machines ont les dimensions principales suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression	580 *mm.*
— — basse pression	1 000 *mm.*
Course des pistons	1100 —
Nombre de tours par minute	100.
Pression	9 *kg.*
Détente économique	16 1/2 vol.
— à pleine charge	7 1/2 —

Ces machines commandent chacune directement une dynamo de 400 kilowatts à 8 pôles.

2° Deux machines à vapeur du même type que les précédentes, mais de 400 à 650 *ch* chacune.

Ces machines commandent chacune directement une dynamo de 225 kilowatts à 8 pôles.

Ces quatre dernières machines à vapeur sont munies de condenseur à injection.

Le tableau de distribution est divisé en dix-sept panneaux, dont neuf correspondent au neuf machines à vapeur, un sur lequel sont fixés les compteurs et les sept autres correspondant aux feeders, alimentant chacune des sections du réseau.

Chaque panneau de machine comporte :
Un voltmètre;
Un ampèremètre;
Un interrupteur automatique;
Un interrupteur principal;
Un interrupteur de lumière;
Un régulateur de champ magnétique.
Chaque panneau de feeder comprend :
Un interrupteur automatique;
Un ampèremètre;
Un plomb fusible;
Un interrupteur principal.

Pour les feeders alimentant les lignes souterraines, l'interrupteur principal est disposé de façon à pouvoir renverser rapidement les pôles.

Le coût d'installation des lignes aériennes, y compris la voie ferrée, revient à 50000 *f* le kilomètre; celui de la canalisation souterraine s'élève à 100000 *f*.

Ces prix ne comprennent ni les feeders, ni le matériel fixe de l'usine, ni les voitures; ils s'appliquent à une simple voie.

Le coût de traction revient par train-kilomètre à 0,15 *f* pour les lignes aériennes, et à 0,18 *f* pour les lignes souterraines, non compris l'amortissement, le personnel des voitures, ni les frais généraux.

Usines municipales d'électricité.

La distribution de l'électricité dans la ville de Bruxelles date de l'année 1893.

Les premières installations furent exécutées par « The India Rubber Gutta Percha and Telegraph Works Company » de Londres.

Aujourd'hui, il existe trois usines.

La mise en marche de l'usine de la rue de Melsens eut lieu le 8 novembre 1893.

Cette première installation qui, aujourd'hui, est la plus importante des trois, comprenait alors :

Deux machines à vapeur de 500 *ch*, dont une de secours, actionnant chacune deux dynamos de 140 kilowatts;

Trois chaudières;

Une batterie d'accumulateurs d'une capacité de 2 800 ampère-heures.

Réduit en lampes de 10 bougies ou carcels, le nombre de lampes était :

Au 31 décembre	1893 de. . . .	5 864
—	1894 de. . . .	18 648
—	1895 de. . . .	32 004
—	1896 de. . . .	53 982

Cet accroissement rapide et considérable eut pour conséquence une augmentation très importante de l'usine initiale, et la création de deux stations secondaires : l'une rue de Louvain, l'autre rue de la Vanne.

Usine principale. — L'usine principale est située, comme je l'ai dit, rue Melsens, près l'église Sainte-Catherine.

La surface occupée par les bâtiments est de 1 405 m^2,

Au rez-de-chaussée, en entrant, se trouvent : la salle des chaudières qui a 31 *m* sur 17 *m*, puis, surélevée de quelques marches, la salle des machines qui a 36 *m* de longueur, 15,50 *m* de largeur, 8,50 *m* de hauteur.

Au-dessus de la salle des machines, la salle des accumulateurs, l'atelier de réparation et le magasin principal.

Au-dessus de la salle des chaudières : le réservoir d'eau d'une capacité de 200 m^3, le magasin à coke et l'épurateur.

Le coke est amené à l'étage par un monte-charge mû électriquement.

Un pont roulant de 15 *t* est installé dans la salle des machines sous laquelle règne un massif général de fondations de 2*m* d'épaisseur, qui est isolé des murs et des colonnes, et sur lequel sont posées les fondations des machines.

La cheminée a 56 *m* de hauteur au dessus du sol et 2,50 *m* de diamètre intérieur au sommet.

Les locaux, établis le long de la rue Melsens, comprennent aux différents étages les bureaux de l'Administration et une salle de vérification.

Les chaudières, qui sont au nombre de six, sont du type Babcock et Wilcox, multitubulaires, à chauffage extérieur aux tubes.

Elles ont été construites par la maison Brouhon de Liège.

Chaque chaudière a une surface de chauffe de 266 m^2, et peut

vaporiser dans les meilleures conditions 2 560 *kg* d'eau par heure, et éventuellement 3 300 *kg*.

Chaque chaudière est timbrée à 9 *kg*, et en vue de l'emploi du coke, la surface de la grille est de 5,20 m^2.

Les essais faits en 1895 et 1896, avec du coke d'un pouvoir de 7,762 calories (eau et cendres déduites), ont montré que la quantité de vapeur à 5 *atm* fournie par kilogramme net de coke est de 9 *kg*.

Il y a un « economiser Green » par paire de chaudières.

Ces appareils se composent de tubes verticaux d'une surface de chauffe de 192 m^2, à travers lesquels passe l'eau d'alimentation des chaudières, et qui sont chauffés par le passage des produits de la combustion qui se rendent à la cheminée.

D'une série d'essais, il résulte que la température de l'eau d'alimentation augmente de 55° environ après le passage dans « l'economiser ».

Les eaux d'alimentation et de condensation, qui sont prises au bassin, derrière le Marché au Poisson, arrivent par 2 conduites en fonte de 0,450 *m* de diamètre intérieur.

Ces eaux sont épurées à l'aide du système « Dervaux » basé sur l'emploi simultané de l'eau de chaux et du carbonate de soude, pour opérer la réduction des sels nuisibles que contient l'eau d'alimentation.

L'appareil installé permet l'épuration de 10 000 *l* d'eau à l'heure.

L'alimentation des chaudières est faite par trois pompes Worthington dont deux seulement sont en service.

Chaque chaudière est en outre munie d'un injecteur Giffard.

Les machines à vapeur sont au nombre de quatre, mais l'une d'elles est de réserve.

Chacune est de 500 *ch*, mais peut donner 625 *ch*.

Le hall est disposé de façon à être agrandi, et y pouvoir alors installer des machines de même force. Ces machines sont compound, du système Sulzer, à détente variable par le régulateur au petit cylindre et fixé au grand cylindre. Elles ont été construites par la maison Carels de Gand.

Elles sont à condensation et peuvent fonctionner avec échappement à air libre.

Diamètre du petit cylindre	0,675 *m*
Diamètre du grand cylindre	1,010 —
Course commune des pistons.	1,200 —
Nombre de tours à la minute.	62 à 75

Les volants ont 5,80 *m* de diamètre et pèsent 18 *t*. Ces volants ont chacun 9 gorges pour câbles de 40 *mm* de diamètre.

Le rendement des machines, dans de bonnes conditions de marche, est de 90,6 0/0 d'effet utile.

La consommation par cheval indiqué et par heure est de 6,350 *kg* et 0,700 *kg* de coke net.

Dynamos. — Les dynamos, qui sont du type à 4 pôles et à anneau-tambour, sont au nombre de huit : elles ont été construites par la Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi.

Chacune d'elles peut donner 143 kilowatts à une vitesse de 300 à 360 tours par minute.

Elles fournissent en marche normale 1 100 ampères sous 130 volts.

Pour la charge des accumulateurs, elles fournissent, à la vitesse de 360 tours, un débit de 860 ampères sous un voltage de 180 volts.

Les culasses sont en acier coulé, composées de 2 pièces jointes par des boulons.

Les masses polaires sont venues de fonte avec la culasse.

Les bobines inductrices qui sont de section rectangulaire, viennent s'enfiler sur ces masses et y sont maintenues par deux épanouissements en fer doux, vissés sur leurs extrémités.

Les bobines sont constituées par une âme en tôle garnie de forts ailerons en bois.

Les spires de l'enroulement sont en fil de cuivre électrolytique de 41/10, isolé par un simple triple guipage de coton, et le tout recouvert par un vernis isolant.

L'induit, en forme de tambour, se compose d'un noyau de fer doux monté sur croisillons en bronze spécial, de façon à éviter la formation des courants de Foucault.

Les bobines sont en cuivre électrolytique, isolées les unes des autres, et recouvertes après leur pose d'un vernis isolant qui tend à former une masse unique.

Les spires constitutives de l'anneau sont maintenues contre l'action de la force centrifuge par des frettes.

Le collecteur se compose de lames de cuivre rouge isolées au mica.

Les porte-balais sont en bronze ; ils sont au nombre de quatre, et portant chacun quatre balais en toile.

Le déplacement des porte-balais se fait à l'aide d'un curseur en fonte, mû par une vis sans fin avec volant.

La puissance disponible aux bornes de la dynamo, par rapport au travail indiqué au moteur, est, d'après une série d'essais, en moyenne de 85,5 0/0 en pleine charge.

Accumulateurs. — La batterie d'accumulateurs est du type Julien; elle comprend 280 éléments d'un poids de 325 *kg* de plaques, y compris les contacts.

Le poids total de la batterie montée est de 160 tonnes.

Les 280 éléments, montés par deux en quantité, forment deux batteries de 70 éléments.

26 éléments doubles de chaque batterie sont reliés par des barres de cuivre aux réducteurs du tableau de distribution, de manière à pouvoir faire varier, de 44 à 70, le nombre des éléments dans les circuits de charge ou de décharge.

Chaque groupe de deux éléments peut donner une décharge de 700 ampères pendant 8 heures.

Exceptionnellement, en cas d'accident, la batterie peut donner une décharge de 2 800 ampères pendant 30 minutes.

Les boîtes sont en plomb antimonieux, posées sur de petits cadres en chêne reposant sur des isolateurs en porcelaine.

Le minimum du rendement en énergie des accumulateurs a été garanti de 70 0/0.

Plusieurs essais ont donné 82,6 0/0.

Tableau de distribution. — Le tableau de distribution est disposé au milieu de l'un des grands côtés de la salle des machines, à 3,80 *m* de hauteur, sur une passerelle.

Il est disposé pour la distribution à trois fils; il est établi pour six machines à vapeur dont chacune actionnerait deux dynamos à 130 volts.

Un commutateur à deux directions est branché sur le pôle négatif, et permet de faire passer le courant, soit aux accumulateurs, soit à la borne négative du tableau sur laquelle viennent aboutir les fils négatifs des feeders.

De même pour le pôle négatif de l'autre dynamo.

Le débit de chaque dynamo est indiqué par un ampèremètre. Vingt-quatre feeders peuvent être reliés aux barres générales du tableau.

Les conducteurs de chaque feeder comportent dans leur circuit un coupe-circuit et un rhéostat.

Le fil neutre de chaque feeder est, bien entendu, relié à la barre neutre du tableau

Des fils pilotes permettent de lire à l'usine le voltage en chacun des centres de distribution des feeders ; ce qui permet d'équilibrer la tension dans le réseau, au moyen des rhéostats de feeders.

Au milieu du tableau sont placés des disjoncteurs automatiques pour protéger les dynamos, des voltmètres, et enfin des ampèremètres enregistreurs Hartmann et Braun.

Les enregistreurs sont protégés par des interrupteurs automatiques qui les mettent en court circuit, lorsque le courant de décharge dépasse le courant normal.

En résumé, cette usine est établie dans de bonnes conditions, bien qu'au centre de la ville.

La salle des accumulateurs est bien aérée, bien éclairée, bien ordonnancée ; aussi la visite des accumulateurs est-elle facile.

L'usine ne cause aucune gêne dans le voisinage, car l'emploi du coke supprime en partie la fumée, et les fondations dont il a été question suppriment les trépidations.

Usine de la rue de Louvain

Cette usine fournit le courant aux Chambres, aux Ministères et aux quartiers Léopold et de Notre-Dame-aux-Neiges.

Le réseau alimenté par cette usine est relié au réseau de l'Usine Centrale.

Cette usine est essentiellement alimentée par quatre moteurs à gaz Otto, de 120 *ch* chacun, à deux cylindres : la vitesse est de 150 tours.

A pleine charge, la dépense de gaz n'excède pas 660 *l* par cheval-heure effectif : elle est d'environ 950 *l* par cheval-heure, à un débit de 60 *ch* effectifs.

Ces moteurs ont été construits par la maison Fétu-Defize, de Liège.

Les dynamos sont actionnées directement par les moteurs à gaz. Deux de ces moteurs commandent chacun deux dynamos de 310 ampères à 125 volts.

Les deux autres moteurs commandent chacun une dynamo de 310 ampères sous 250 volts.

Ces dynamos, qui sont à dix pôles et excitées en dérivation, sont construites par la Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi.

Chargeant des accumulateurs, ces dynamos servent à la mise en route des moteurs à gaz.

La batterie d'accumulateurs est du type Julien.

Elle se compose de 132 éléments, d'un poids de 235 *kg* de plaques, y compris les contacts.

Cette batterie donne, en régime normal, une décharge de 250 ampères à 250 volts, pendant huit heures, et dans un cas exceptionnel, le débit peut être de 680 ampères pendant vingt à trente minutes.

Les 132 éléments forment deux batteries de 66 éléments.

Les 17 derniers éléments de chaque batterie sont reliés par des câbles aux réducteurs du tableau de distribution, de façon que le nombre d'éléments en service sur chaque pont peut varier de 49 à 66.

Le tableau porte les appareils et les connexions nécessaires pour le service des dynamos et des accumulateurs, sur une distribution à trois fils.

Il y a place au tableau pour 13 feeders, mais actuellement 9 seulement sont raccordés.

Les feeders sont alimentés directement par la batterie; chaque fil extrême du feeder est relié à la batterie par l'intermédiaire d'un réducteur à 18 plots, de façon que le nombre d'éléments en circuit entre le fil extrême et le fil neutre d'un feeder quelconque, puisse varier de 49 à 66, pour le réglage du voltage aux centres de distribution.

De même, chaque pôle extrême des dynamos ou paire de dynamos, est relié par un réducteur à 18 plots.

Le courant va d'un pôle extrême de la dynamo à la batterie en passant par un coupe-circuit, un disjoncteur, un ampèremètre et un réducteur, et va de la batterie au fil extrême du feeder, en passant par un réducteur et un coupe-circuit.

Des fils pilotes, partant des divers centres de distribution, aboutissent à des voltmètres.

Le tableau comprend aussi les interrupteurs et les commutateurs avec rhéostats, permettant la mise en marche des moteurs à gaz, par le courant emprunté aux accumulateurs.

Usine de la rue de la Vanne

L'usine de la rue de la Vanne fournit le courant à l'avenue Louise et aux rues adjacentes, situées sur le territoire de la ville.

Son réseau est indépendant de celui des deux premiers.

Elle comporte seulement deux moteurs à gaz de 60 *ch*, type Otto.

Ces deux moteurs actionnent directement deux dynamos Dulait à 8 pôles, dont le débit normal est de 130 ampères sous 130 volts, à 150 tours, mais ce débit, pour la charge de la batterie est de 100 ampères sous 170 volts, à 160 tours à la minute,

Les accumulateurs, qui sont également du type Julien, comprennent 140 éléments donnant en service normal, une décharge de 125 ampères sous 260 volts pendant huit heures.

Canalisations. — La canalisation est du système à trois fils, avec un potentiel de 110 volts sur chaque pont aux centres de distribution.

Les fils sont en cuivre de haute conductibilité, étamés, recouverts d'une couche de caoutchouc naturel, d'une couche de caoutchouc vulcanisé, d'un guipage de ruban caoutchouté et d'une tresse de chanvre imprégné.

La résistance d'isolement est de 2 500 mégohms par kilomètre, dans l'eau à 15° centigrades, après immersion de 24 heures, sous une tension de 500 volts.

Les câbles reposent dans des tuyaux en fonte de fer, et emboîtés avec joints en caoutchouc.

Les boîtes de branchement sont placées aux coins des rues, ou à des distances d'environ 80 *m*.

Toute la canalisation est posée sous le trottoir ; les couvercles des boîtes de branchement sont en fonte et garnis d'asphalte.

Le kilowatt-heure est vendu 0,70 *f* aux particuliers.

Pour les lampes d'étalages, vitrines, terrasses de cafés et, en général, toutes les lampes participant à l'éclairage public, le kilowatt-heure se paie 0,50 *f*.

Au-dessus d'une dépense annuelle de 3 500 *f*, il est consenti une réduction de 25 0/0 pour les kilowatts supplémentaires, sans toutefois que le prix du kilowatt-heure puisse descendre au-dessous de 0,50 *f*.

Pour les moteurs électriques, le prix du kilowatt-heure est de 0,40 *f*.

Il n'existe aucun éclairage à forfait.

Quant au coke employé pour l'alimentation des chaudières, il est fourni par la Compagnie du Gaz, tout rendu à l'usine, à raison de 0,70 *f* l'hectolitre.

L'hectolitre pesant 36 à 46 *kg*, soit une moyenne de 38 *kg*, ce coke revient à 1,84 *f* les 100 *kg*, soit 18,40 *f* la tonne.

Port de Heyst.

A propos de ce port qui est en construction, je dois dire, en passant, qu'il comprendra huit grues et dix cabestans qui seront actionnés, ainsi que les appareils de manœuvre des ponts et des écluses, par des moteurs électriques. Une station centrale fournira l'énergie et assurera en même temps l'éclairage.

Actuellement, chacune des deux dragues qui servent à faire les fouilles est éclairée électriquement par une dynamo montée à bord.

La fouille de l'écluse maritime s'est faite à sec, par wagons remorqués par des locomotives; la partie inférieure est enlevée par des grues à vapeur et par un plan incliné à treuil électrique.

Les briques nécessaires aux travaux sont fabriquées mécaniquement au moyen des terres provenant des fouilles.

Les machines à faire ces briques sont au nombre de quatre: elles sont actionnées par des moteurs électriques.

Un atelier de mécanique fait la réparation du matériel ainsi que la construction.

C'est dans cet atelier que sont les dynamos génératrices au nombre de deux.

Leur intensité est de 330 ampères sous 440 volts; elles sont actionnées par des moteurs à vapeur Willans.

Des réceptrices sont réparties en différents points du chantier et actionnent les ateliers, les machines à briques, les pompes d'épuisement, treuil de plan incliné, concasseur, broyeur à mortier, l'atelier de charpente.

L'installation électrique a été faite par notre Collègue, M. Hillairet, qui, lors de notre visite, a bien voulu, en compagnie de MM. Coiseau et Cousin, nous faire les honneurs de cette installation fort réussie à tous égards.

Société « Électricité et Hydraulique » de Charleroi.

Cette Société est une des plus importantes de l'industrie électrique en Belgique.

Elle a construit les dynamos qui sont à l'usine électrique de Bruxelles.

Comme l'indique sa raison sociale, elle s'occupe de travaux relatifs à l'hydraulique et à l'électricité.

Dans le domaine électrique, elle construit des ponts roulants, des ascenseurs, des monte-charges, des moteurs pour tramways, des perforatrices, des lampes à arc, l'appareillage, etc.

Des voies ferrées, passant dans les usines, permettent à celles-ci de communiquer avec le chemin de fer qui est, du reste, à proximité.

Glaceries de Courcelles.

Notre visite aux glaceries de Courcelles est certainement une des plus intéressantes que nous ayons faites pendant notre séjour en Belgique.

Je n'entrerai pas dans les menus détails de la fabrication, je me bornerai simplement à décrire les procédés nouveaux employés par M. Droit, directeur-gérant de ces établissements, et qui ont sensiblement modifié la fabrication.

Il y a quelques années encore, le mode de coulage était, à Courcelles, ce qu'il est ailleurs, c'est-à-dire assez compliqué.

Il nécessitait une équipe nombreuse d'hommes. Ainsi, pour sortir les pots des fours, on employait quatorze ouvriers, dont douze servaient à équilibrer le pot qui, plein de matière en fusion, pèse 1 200 *kg*.

M. Droit, Ingénieur des Arts et Manufactures, directeur des glaceries depuis 1890, apporta dans la fabrication des perfectionnements assez heureux.

Pour mieux faire valoir le système de M. A. Droit, je rappellerai le procédé employé auparavant.

Sur une table en fonte T, de forme rectangulaire, on place deux règles en fer de même épaisseur que la glace que l'on veut obtenir.

A une extrémité de la table se trouve un rouleau R posé sur les règles et perpendiculairement à ces dernières.

Devant le rouleau, on amène un creuset C, rempli de matière en fusion.

On verse cette matière sur la table, et on entraîne le rouleau en le faisant rouler sur les règles, de sorte qu'il lamine dans son mouvement la matière, et la refoule entre lui, la table et les règles.

La glace ainsi obtenue, on retire le rouleau et on pousse la glace dans une *carcaise* qui est placée en face de la table ; elle se recuit ainsi, et on la laisse ensuite se refroidir lentement.

En appliquaut le coulage mécanique, le but est non seulement d'obtenir une économie de main-d'œuvre, mais d'améliorer la fabrication en régularisant le travail et en l'activant.

Le roulage, qui dure environ une minute, doit se faire régulièrement : il se fait avec une vitesse et une force variables suivant la résistance de la matière coulée.

Le poussage, qui succède au roulage, doit se faire rapidement, en quelques secondes seulement.

Il faut remarquer que la masse à mettre en mouvement est considérable, et qu'à l'effort nécessaire pour vaincre la force d'inertie, il faut ajouter celui nécessaire pour vaincre l'adhérence qui est assez grande au début.

M. A. Droit, avec son procédé de fabrication, est arrivé à surmonter tous ces obstacles, tout en permettant de déplacer très facilement les appareils et la table devant les carcaises.

Procédé A. Droit

La table T est placée dans la halle de coulée ; entre la table et les carcaises se trouve placé un chariot C roulant sur une voie ferrée.

Ce chariot C porte un moteur électrique et les treuils nécessaires permettant de couler successivement de chaque côté.

Le chariot porte deux tôles nommées *utiles* permettant de faire franchir à la glace l'espace entre la table T et la carcaise.

L'un des bords de l'*utile* est au niveau de la table, et, pour faciliter l'entrée de la glace dans la *carcaise*, l'autre bord de l'*utile* est muni d'un tablier à charnières qui se rabat sur le bord de la carcaise.

Sur les bords latéraux et externes des utiles sont deux pièces en fonte K formant plans inclinés, sur lesquels peut venir s'engager le rouleau R que l'on fait avancer à l'aide des câbles $c_1 c_1$, passant sur les poulies de renvoi p_2.

Le rouleau, montant sur ces plans inclinés, laisse un passage de 0,100 *m* entre lui et l'*utile*, ce qui permet de laisser passer la glace lorsqu'on veut la faire entrer dans la carcaise.-

Comme il est dit précédemment, le mécanisme des treuils se trouve dans le chariot.

Un arbre A_1, régnant dans presque toute la longueur du chariot, porte quatre tambours en fonte ; deux de ces tambours, $t_1 t_1$ sont fixes sur l'arbre : ils servent au poussage.

Les deux autres tambours t_2t_2 sont libres sur l'arbre, mais sur leur face interne, il y a des roues dentées d_2d_2 commandées par les pignons p_1p_1 calés sur l'arbre A_2 parallèle à A_1.

Sur les arbres A_1 A_2 sont respectivement calées les roues dentées e_1e_2.

L'arbre A_2 porte en outre un débrayage permettant d'embrayer e_2 avec e_1 ou de débrayer.

Lors de l'opération du roulage, le mouvement lent du rouleau est obtenu par les câbles c_1c_1 qui, passant sur les poulies p_2p_2, s'enroulent sur les tambours t_2t_2 : pour cela, il faut avoir au préalable embrayé e_2 avec e_1, au moyen de la manivelle m commandant la poulie f.

Le mouvement est donné par le moteur EM qui commande par courroie l'arbre A, lequel attaque par un pignon denté une roue calée sur A_1.

La matière étant versée sur la table, on met le moteur en route, on l'embraye sur l'arbre A au moyen du levier l et d'un cône placé dans la poulie.

On arrête le mouvement en débrayant quand le rouleau est arrivé à fond de course des plans inclinés.

Le coulage étant terminé, on débraye la roue c_2 au moyen de la manivelle m et l'on procède au *poussage*.

Poussage. — Pour cela, on place en tête de la glace, et rapidement, une pelle spéciale P.

Les câbles c_2c_2, sont accrochés aux crochets c_3c_3 des tambours t_1t_1 ; le moteur, mis en route à l'aide du levier l, fait tourner l'arbre A_1 qui entraîne les tambour t_1t_1 ; le poussage s'effectue.

Pour vaincre les résistances dont il a été question précédemment, les tambours t_1t_1 portent une gorge en forme de développante (voir la figure 3, planche 202) et les crochets c_3 sont placés à l'origine de la gorge.

Quand on attache les câbles c_2c_2, on place rapidement ces crochets sur la verticale, de façon que les câbles s'enroulent au début du mouvement sur le diamètre le plus faible ; en opérant ainsi, la traction est forte au départ, le mouvement du poussage s'accroît progressivement jusqu'à l'enroulement sur la circonférence des tambours t_1t_1 où la vitesse normale est de 1 m environ.

Le courant électrique est amené au moteur par deux fils placés en haut et de chaque côté de la halle.

La prise de courant a lieu par galets.

Un rhéostat de réglage est à la portée de l'homme qui est chargé de la manœuvre.

Le moteur marche sous 110 volts avec un débit de 40 ampères.

Pont roulant (Fig. 1 et 2, Pl. 200). — La manœuvre des pots et le coulage des glaces se font au moyen d'un pont roulant avec moteur électrique. Ce pont est excessivement léger; un seul moteur électrique M de 50 ampères sous 110 volts suffit à toutes les manœuvres.

En principe, ce moteur M commande un arbre de transmission A, lequel porte deux tambours B et C avec embrayage conique qui sont libres sur cet arbre.

Pour lever la charge ou faire mouvoir le pont sur les rails, il suffit de manœuvrer le levier L.

En embrayant le tambour B, ce dernier commande par courroie la poulie *t* calée sur un arbre avec vis sans fin, laquelle commande la roue dentée T montée sur le même arbre que le tambour du treuil.

La montée et la descente sont obtenues par un commutateur inverseur de courant.

Si au contraire on embraye le tambour C, comme il fait corps avec le pignon *p* qui engrène avec la roue R calée sur l'arbre des roues du pont, ce dernier opère sa translation dans un sens ou dans un autre, grâce à l'inverseur de courant.

La ligne d'arrivée de courant est constituée par deux fils F de 5 *mm* de diamètre, suspendus à des isolateurs.

Ces fils reposent librement sur deux galets en bronze dont les supports sont boulonnés sur une pièce de bois placée sur le pont.

Grâce à la vis sans fin qui commande le treuil, la charge peut être retenue dans toutes les positions.

Il y a deux câbles et deux crochets, de façon à couler sur les deux extrémités de la table en faisant des manœuvres identiques.

Ces dispositions mécaniques et électriques méritaient d'être développées.

Par leur heureuse application elles font le plus grand honneur à celui qui en a conçu l'exécution, et n'a pas hésité à sacrifier l'esprit de routine qui malheureusement trop souvent enraye l'essor que beaucoup d'industries devraient prendre,

Le plus grand éloge que l'on puisse faire des procédés employés aux glaceries de Courcelles, c'est qu'ils ont été adoptés dans plusieurs glaceries, notamment par MM. Saint-Roch-Auvelais en Belgique, Pilkington frères, en Angleterre ; par les usines de Jeumont en France et par celles de Schalk, Herzogenrath, Freden en Allemagne.

Je n'ai pas cru devoir m'étendre sur la fabrication détaillée des glaces pour ne faire ressortir au contraire, que les côtés saillants et offrant un intérêt particulier au point de vue mécanique et électrique.

VOITURES AUTOMOBILES

DE POIDS LOURDS

PAR

M. Lucien PÉRISSÉ

MESSIEURS,

Vous avez pu remarquer que l'ordre du jour des séances à venir mentionne depuis plusieurs mois, une communication de MM. G. Dumont et Lucien Périssé sur *les transports en commun sur rails et sur routes*. A notre grand regret ce travail n'a pu être présenté avant les vacances, car les ordres du jour étaient très chargés. Ce retard nous a forcé de compléter nos renseignements, et comme c'est un travail assez considérable et assez minutieux, nous demandons à la Société crédit de quelques semaines encore pour lui présenter un ensemble tout à fait digne d'elle.

La partie traitant des transports sur routes devait englober la description des voitures lourdes ayant pris part au concours que l'Automobile-Club de France a organisé cet été. C'est une question d'actualité, puisque le rapport officiel va paraître prochainement ; aussi n'avons-nous pas voulu retarder cet exposé.

L'Automobile-Club de France est une Société d'Encouragement pour le Développement de l'Industrie automobile, et on doit féliciter cette Association de l'activité qu'elle a toujours déployée depuis sa fondation en 1894 pour être à la hauteur du rôle qu'elle s'est dévolu.

Ayant organisé en 1895 et 1896 d'intéressantes courses dont un compte rendu a été fait en leur temps par notre Collègue, M. Collin, l'Automobile-Club de France a, cette année, institué un concours d'un tout autre genre qui a été réservé aux véhicules automobiles transportant en voyageurs ou marchandises un minimum de 1 *t*. C'est en raison de ce minimum imposé et par opposition aux courses de vitesse pour voitures légères, que dans le monde de l'automobilisme on a appelé le concours de

1897 par abréviation : le concours des Poids lourds. C'est donc cette dénomination simplifiée que nous adopterons.

Notre travail se divise en trois parties :

1° Organisation du concours ;

2° Description et comparaison des véhicules ayant satisfait aux épreuves ;

3° Description des voitures non décrites au Rapport officiel.

I. — ORGANISATION DU CONCOURS DES POIDS LOURDS

On trouvera dans le Rapport officiel qui est publié ci-après tous les renseignements intéressant l'organisation du concours des Poids lourds ; nous laisserons donc de côté cette partie de notre Mémoire en ne conservant que les passages qui ont un caractère personnel.

En organisant le concours des Poids lourds, l'Automobile-Club de France a été bien inspiré car le succès de celui-ci a dépassé toutes les espérances ; quinze véhicules avaient été engagés par huit constructeurs ; dix d'entre eux ont concouru, et sept ont satisfait aux conditions du programme.

Les renseignements officiels ne seront publiés que pour ces sept derniers, mais nous donnerons quelques renseignements complémentaires sur tous les principaux véhicules inscrits.

Voici la liste des engagements :

N° 1. — Train Scotte, vapeur ;
N° 2. — Train marchandise Scotte, vapeur ;
N° 3. — Omnibus Scotte, vapeur ;
N° 4. — Omnibus Weidknecht, vapeur ;
N° 5. — Camion Gandon, vapeur ;
N° 6. — Break Le Blant, vapeur ;
N° 7 — Tracteur et camion Le Blant, vapeur ;
N° 8. — Camion de Dietrich, pétrole ;
N° 9. — Voiture Pellerin, pétrole ;
N° 10. — Omnibus Panhard, pétrole ;
N° 11. — Voiture de livraison, Cie Anglo-Française, pétrole ;
N° 12. — Tracteur et omnibus Le Blant, vapeur ;
N° 13. — Tracteur et break de Dion-Bouton vapeur ;
N° 14. — Omnibus de Dion-Bouton, vapeur ;
N° 15. — Char à bancs de la Maison Parisienne, pétrole.

Comme on le voit, deux tiers des voitures avaient des moteurs à vapeur, et un tiers seulement des moteurs à essence de pétrole.

Neuf voitures étaient destinées au transport des voyageurs, et six voitures à celui des marchandises ; les voitures à voyageurs peuvent se diviser en :

Omnibus (de Dion-Bouton, Panhard, Scotte et Weidknecht) ;

Trains (Le Blant, Scotte) ;

Breaks ou chars à bancs (de Dion-Bouton, Le Blant, Maison Parisienne).

Les véhicules qui ont satisfait aux concours sont les suivants :

Omnibus et break de Dion-Bouton	2
Camion de Dietrich	1
Qmnibus Panhard	1
Omnibus, train à voyageurs, train à marchandises Scotte	3
Total	7

Le concours de Versailles avait attiré un grand nombre de notabilités et de curieux qui prenaient d'assaut les places offertes dans les voitures. Le Ministre de la Guerre y avait délégué une Commission ; la Compagnie générale des Omnibus de Paris, certaines grandes Compagnies de chemins de fer, diverses administrations de transports y avaient envoyé des administrateurs ou des Ingénieurs venus de divers points de la France et de l'étranger.

On peut dire, que tous les visiteurs ont été frappés des progrès énormes réalisés pendant ces derniers mois dans la construction des voitures lourdes ; chacun a été agréablement surpris de constater qu'il était possible, dès maintenant, d'organiser industriellement des transports de voyageurs et de marchandises sur routes.

C'est que la voiture lourde répond à un véritable besoin ; en peu de mots, nous allons expliquer pourquoi.

Un transport sur routes peut prospérer là où un transport sur rails ne peut donner que des résultats très aléatoires ; en effet, débarrassé des contraintes administratives résultant du monopole et de la garantie de l'État, la petite entreprise de transports jouit de sa liberté commerciale et pourra ainsi réaliser des bénéfices réels là où un chemin de fer n'aurait eu pour résultat que de grever fortement les finances publiques.

On ne peut estimer à moins de 40 000 *f* le kilomètre le prix de revient, matériel roulant compris, d'une ligne à voie unique de un mètre placée en accottement d'une route. Or, avec les voitures automobiles, on fera à peu près le même service avec une dépense qui ne dépassera pas 6 à 7 000 *f* le kilomètre, à condition de circuler sur un trajet d'une certaine longueur, 20 *km* par exemple, sans compter que les tarifs variables au gré du concessionnaire, seront plus rémunérateurs, et que les frais généraux de l'entreprise pourront être réduits dans une très large proportion. D'autre part, si le trafic diminue, il sera très facile de diminuer les frais.

Si une entreprise périclite, ses véhicules pourront être employés immédiatement sur un autre parcours; tandis que tous les travaux d'aménagement d'un chemin de fer auraient été dépensés en pure perte et que le matériel fixe de celui-ci, n'aurait plus qu'une valeur très relative.

Enfin, dans cet ordre d'idées, il est venu à l'idée de tous ceux qui s'occupent de la question, qu'il serait facile d'affecter tout ou partie des véhicules dans telle saison, sur tel parcours, tandis qu'à une autre époque de l'année, ils seraient employés ailleurs, par exemple en été, sur le bord de l'Océan, et en hiver sur la côte d'azur.

En somme, les dépenses de premier établissement ne portant presque exclusivement que sur le matériel roulant, il est permis de faire bien des combinaisons qui seraient forcément interdites à un service de voie ferrée.

Les applications véritablement pratiques qui nous semblent *a priori* pouvoir être faites de la locomotion sur route s'appliquent au transport:

1° Des voyageurs et des marchandises entre localités de moyenne importance, ou entre diverses localités et la gare du chemin de fer la plus proche;

2° Des marchandises entre usines ou entre une fabrique et la gare voisine, ou livraison de marchandises dans les villes et leur banlieue;

3° Des voyageurs et de leurs bagages entre les hôtels et les stations de chemins de fer;

4° Des touristes sur des routes pittoresques au moyen de voitures de luxe rapides.

En résumé, comme le fait remarquer très justement M. de Chasseloup-Laubat dans l'étude qu'il a publiée en septembre dernier

dans le *Bulletin du Touring-Club de France* sur le concours des Poids lourds, le véritable rôle de la locomotion sur route est d'exister et même de prospérer là où les voies ferrées ne pourraient rendre des services qu'en grevant les budgets des départements; elle contribuera donc à ménager les ressources du pays.

II. — DESCRIPTION DES VÉHICULES AYANT CONCOURU

ET COMPARAISON ENTRE CES DIVERS VÉHICULES

Pour les mêmes raisons que ci-dessus nous croyons inutile de publier les renseignements que nous avons donnés à la Société des Ingénieurs Civils, dans la séance du 5 novembre sur les véhicules ayant concouru. On trouvera à cet égard, dans le rapport officiel, tous les renseignements utiles.

Contentons-nous de rappeler que nous avons projeté pour chaque voiture des photographies dont quelques-unes avaient été prises par nous-même, ainsi que des schémas des principaux mécanismes.

On peut classer les véhicules ayant satisfait au concours à divers points de vue intéressants.

En ce qui concerne l'utilisation c'est-à-dire le rapport de la charge utile au poids en charge, le concours a montré que les concurrents peuvent se classer dans l'ordre suivant par valeur décroissante du coefficient d'utilisation :

Camion de Dietrich	49 0/0
Train à marchandises Scotte.	37
Omnibus Panhard	30
Train Scotte.	27
Tracteur de Dion-Bouton et break . .	26
Omnibus Scotte	20
Omnibus de Dion-Bouton	18

En ce qui concerne l'adhérence dont le coefficient est représenté par le rapport à pleine charge du poids adhérent au poids total, la classification est la suivante :

Camion de Dietrich.	72 0/0
Omnibus Panhard	68
Omnibus de Dion-Bouton	
Omnibus Scotte	60
Train à marchandises Scotte.	48
Tracteur de Dion-Bouton et break . .	47
Train Scotte.	40

Les vitesses commerciales moyennes à l'heure qui ont été constatées pendant le concours sont les suivantes :

Omnibus de Dion-Bouton	14,2 *km*
Omnibus Scotte	10,75
Tracteur de Dion-Bouton et break	10,70
Omnibus Panhard / Train Scotte	10,20
Camion de Dietrich	8,5
Train à marchandises Scotte	6,7

Enfin, si nous classons les concurrents au point de vue du prix de revient de la tonne kilométrique utile calculé, par exemple, avec un tiers de charge seulement, pour être certain de rester plutôt en dessus de la réalité, nous avons :

Train à marchandises Scotte	0,57 *f*
Camion de Dietrich	0,59
Tracteur de Dion-Bouton et break	0,67
Train Scotte	0,70
Omnibus de Dion-Bouton	0,89
Omnibus Scotte	1,10
Omnibus Panhard	1,22

Nous allons, en terminant, examiner les véhicules à vapeur, puis les véhicules à pétrole en indiquant les mérites respectifs de chaque système d'après ce qui a pu être constaté pendant le concours de Versailles.

Les véhicules à vapeur ont l'avantage de fournir un travail élastique et de régler la dépense de combustible sur la charge à transporter; le concours a montré que les inconvénients d'un foyer étaient réduits au minimum, pas d'escarbilles, pas de fumée, pas de chaleur incommodante, pas ou peu de panache de vapeur.

Parmi ces véhicules, les voitures de Dion-Bouton ont montré qu'elles étaient susceptibles de marcher d'une façon rapide, constante et économique; il sera facile de remédier aux dépenses exagérées d'huile de graissage qui ont été constatées. Ces voitures sont indiquées pour des services lourds et rapides sur d'assez longs trajets.

La Société Scotte a présenté trois types de véhicules qui forment un ensemble bien étudié; les vitesses ont été constantes, elles sont peut-être un peu faibles pour l'omnibus : la dépense

de combustible pourra être réduite dans d'assez larges proportions. Les véhicules Scotte ont l'avantage sur tous les autres de circuler depuis mai 1897 pour un service public sur routes, de Courbevoie à Colombes. C'est dans un service urbain ou suburbain, avec arrêts fréquents, que les voitures de ce système ont leur principale place.

L'omnibus Weidknecht (1) qu'un accident indépendant du mécanisme a mis hors service le troisième jour, semble pouvoir donner de bons résultats; sa machine puissante et ses grandes roues motrices permettent une exploitation facile et économique; cependant l'ensemble de la voiture est un peu lourd d'aspect, mais c'est chose à laquelle il est facile de remédier. Le système ingénieux et bien construit montrera, il faut le souhaiter, dans la pratique, des qualités réelles.

Les véhicules à pétrole ont, sur la vapeur, l'avantage d'une propreté absolue, d'une mise en route presque instantanée, d'une main-d'œuvre réduite; la vitesse en terrain plat est, en général, plus que suffisante, mais elle se réduit d'une façon désespérante dans les rampes.

Le camion de Dietrich a été l'un des grands succès du concours; d'un prix relativement peu élevé, il arrive en tête pour le coefficient d'utilisation; pour le coefficient d'adhérence, pour le prix de revient; sa vitesse moyenne est suffisante pour le service auquel il est destiné; et elle a été des plus constantes et des plus régulières; c'est un véhicule au point.

L'omnibus Panhard est élégant et confortable: il a fonctionné d'une façon satisfaisante; son moteur est excellent, mais ses organes de transmission devront être améliorés; sa vitesse semble un peu faible pour un véhicule de luxe, il arrive en tête des omnibus pour l'utilisation et l'adhérence. Sa dépense de combustible est un peu forte et, par suite, son prix de revient; comme omnibus d'hôtel sur un parcours facile, il donnerait toute satisfaction.

En terminant, ajoutons que nous n'avons aucune préférence personnelle pour l'un ou l'autre des systèmes concurrents. Nous nous sommes simplement efforcé d'indiquer équitablement les conclusions que chacun pourra tirer de la lecture du si intéressant rapport de la Commission.

L'Automobile-Club de France a décidé de reprendre ce concours

(1) Voir page 645 la description sommaire de l'omnibus Weidknecht.

l'année prochaine, et il a grandement raison, car nous verrons, en 1898, un nombre de concurrents plus grand encore que cette année, présentant un ensemble de véhicules plus variés et encore mieux appropriés aux besoins de la locomotion sur routes.

III. — VOITURES N'AYANT PAS ÉTÉ DÉCRITES

AU RAPPORT OFFICIEL

Afin de donner à la Société des Ingénieurs Civils, l'état complet de la question des voitures automobiles lourdes en 1897, il nous a paru intéressant de compléter les indications du rapport officiel en donnant quelques renseignements sur les voitures qui n'ont pas été décrites dans ce rapport.

On sait que la Commission de l'Automobile-Club de France ne s'est occupé que des véhicules qui ont satisfait complètement aux conditions du concours. Il nous reste donc à examiner ici :

1° Les véhicules qui ont pris part au concours mais qui n'ont pas satisfait aux épreuves : break Le Blant, char à bancs de la Maison Parisienne, omnibus Weidknecht;

2° Les véhicules inscrits au concours, mais qui n'y ont pas pris part : camion Gandon, voiture Pellerin, voiture de livraison de la Compagnie anglo-française ;

3° Les véhicules qui remplissaient les conditions du concours, mais qui n'y ont pas été inscrits : Car-Ripert de MM. Audibert et Lavirotte de Lyon, omnibus de la Compagnie générale des Automobiles, diligence de MM. Th. Cambier et Cie, omnibus électrique de Londres.

Break Le Blant *(fig. 1)*. — Construit en 1892, ce véhicule a été primé au concours organisé par le *Petit Journal* en 1894, il a été décrit en son temps à la Société.

Cependant, il avait été un peu rajeuni pour le concours de cette année, par l'adjonction d'une banquette et l'aménagement de la toiture destinée à recevoir 500 *kg* de bagages. — Nombre de voyageurs : 12. — Poids à vide : 3 500 *kg*.

Le premier jour du concours, cette voiture, a subi un commencement d'incendie au moment où elle partait de la première station de ravitaillement, le feu s'étant communiqué de la cheminée au toit du break, et un grippement de machine étant

venu se greffer sur ce premier accident, la voiture ne put achever son parcours et fut ainsi disqualifiée au concours.

Il est regrettable que M. Le Blant n'ait pas fait concourir d'autres véhicules plus neufs que son break, car il aurait été intéressant de comparer ce système, le seul qui emploie la chaudière à vaporisation instantanée, avec les autres systèmes à vapeur.

Fig. 1. — Break Le Blant, 1897 (vapeur).

Les voitures Le Blant ne tarderont pas, en effet, à faire des services réguliers sur plusieurs points de la France.

Char à bancs de la Maison Parisienne. — Cette voiture est à proprement parler un break, c'est-à-dire que les deux banquettes sont disposées dans le sens de la longueur et que l'entrée se fait par l'arrière.

Elle contient douze voyageurs; son moteur horizontal à pétrole est du système Benz, de la force de 9 chevaux; les transmissions se font par courroies; le poids en ordre de marche est de 2280 *kg*.

Le premier jour du concours, la voiture est partie avec 800 *kg* de poids utile, mais, avant d'avoir fait 5 *km*, le conducteur était obligé d'abandonner une partie de son lest et, sortant ainsi des conditions du règlement, se trouvait hors concours. Cependant sur leur demande, les constructeurs furent autorisés à circuler les cinq autres jours et la charge utile ne dépassa pas 500 *kg*.

Dans ces conditions, la voiture a fonctionné d'une façon suffisante aux vitesses moyennes (tous arrêts compris) de 8,6 *km*, 11,5 *km* et 13,5 *km* à l'heure, sur les différents itinéraires.

Le char à bancs de la Maison Parisienne ne présentait pas en août dernier, tout le fini nécessaire; ce n'était qu'une voiture d'essai, et il est à souhaiter que ses constructeurs achèvent l'œuvre qu'ils ont entreprise.

Omnibus Weidknecht *(fig. 2)*. — Ce véhicule se compose d'un avant-train moteur à vapeur qui porte la chaudière et tout le de mécanisme et d'une caisse d'omnibus analogue au type parisien 30 places.

Les roues d'avant sont motrices et celles d'arrière sont direc-

Fig. 2. — Omnibus Weidknecht, 1897 (vapeur).

trices; cette disposition présente des avantages et aussi des inconvénients au sujet desquels une pratique de quelque importance pourra seule prononcer.

L'omnibus subit un accident avant le concours à son arrivée à Versailles, qui força le constructeur à raccourcir sa cheminée, d'où diminution de tirage; bien que dans des conditions désavantageuses, il circula d'une façon satisfaisante pendant les trois premiers jours du concours, mais fut mis hors service par suite d'un recul intempestif qui brisa la caisse et faussa le châssis.

Voici quels sont les principaux renseignements sur cette voiture:

Poids à vide	5300 *kg*
— en charge	8200 *kg*
Diamètre des roues motrices	1,60 *m*
— — directrices	1,30 *m*
Chaudière : surface de chauffe	10 m^2
— timbre	15 *kg*
— surface de grille	0,39 m^2
Moteur : Diamètre des cylindres	90/170 *mm*
— Course	150 *mm*
— Force	20 *ch.*

Le moteur compound à trois cylindres est du système breveté Ch. Bourdon, il se compose de deux cylindres à haute pression et d'un cylindre détendeur.

La transmission se fait au moyen de deux paires d'engrenages correspondant aux vitesses théoriques de 7,5 *km* et 14,5 *km* à l'heure.

La vitesse commerciale de marche est de 10 *km* à l'heure et les consommations varient d'après les constructeurs, de 3 à 4 *kg* de coke et de 18 à 25 litres d'eau suivant le profil des trajets.

Camion Gandon. — M. Gandon est l'inventeur d'un système spécial de transmission; il a pris un camion ordinaire, a placé sous le siège le moteur à vapeur, et en dessous de la plate-forme, la chaudière et le réservoir d'eau, et il a appliqué son système de transmission aux quatre roues.

Le moteur à vapeur qu'il a choisi, est un moteur à 4 cylindres du système Nègre qu'on a pu voir au Salon du Cycle en 1896; il marche à 350 tours, n'a pas de points morts, et démarre par conséquent dans toutes les positions; un levier que le conducteur manœuvre, permet la marche en avant, en arrière ou l'arrêt.

Le type de la chaudière n'est pas encore bien arrêté, mais sa principale particularité est qu'elle est chauffée aux huiles lourdes au moyen de plusieurs injecteurs permettant de régler la vaporisation.

Les quatre roues de la voiture reçoivent le mouvement au moyen de chaînes; l'arbre moteur transmet quatre vitesses différentes à un arbre intermédiaire qui commande à son tour deux arbres différentiels transmettant leur mouvement, l'un aux roues d'avant, l'autre aux roues d'arrière.

Ce mode de transmission qui ne comporte pas moins de six chaînes Galle, semble, *a priori*, ne pas devoir être d'un excellent rendement.

Le camion que M. Gandon se proposait d'envoyer au concours, pèse 3 tonnes en ordre de marche; il devait pouvoir transporter un poids utile de 4 tonnes, à la vitesse maxima de 15 *km* à l'heure; la force du moteur était de 10 *ch*.

Voiture Pellerin. — M. A. Pellerin, de Paris, avait fait inscrire au concours des poids lourds, une voiture à pétrole destinée au transport des marchandises. Malheureusement cette voiture étant à peine entrée dans la période des essais, n'a pas été en état de concourir, et nous n'avons pu avoir sur elle aucun renseignement précis.

Voiture de livraison de la Compagnie anglo-française. — Cette voiture construite pour les Grands Magasins du Louvre par les ateliers Roger, porte un poids utile de 1 000 *kg* sans compter le conducteur et le livreur.

Le mécanisme est entièrement logé sous le plancher du fourgon. Le moteur horizontal à essence de pétrole est à deux cylindres; sa force est d'environ 10 *ch*. La transmission de mouvement se fait au moyen de deux courroies croisées donnant deux vitesses. Les principales dispositions mécaniques sont celles qu'on trouve dans les voitures ordinaires du même constructeur; cependant signalons que les débrayages et les changements de vitesse se font au moyen d'une seule manette qui rend ainsi impossible toute erreur de manœuvre.

Car-Ripert de MM. Audibert et Lavirotte, de Lyon *(fig. 3)*. — Ce véhicule doit être signalé parce qu'il a été le premier destiné au transport en commun qui ait été présenté au public.

Au Salon du Cycle de 1896, on pouvait voir, en effet, un Car-Ripert de 16 places. Le moteur vertical est situé sur la plate-forme d'avant où se tient le mécanicien. Un arbre longitudinal actionne les courroies de transmission disposées dans une caisse fermée, sous le plancher de la voiture. Ces courroies permettent différentes vitesses de marche avant et la marche en arrière; elles transmettent le mouvement aux roues d'arrière au moyen de chaînes; les roues directrices sont à l'avant.

Le moteur à pétrole comporte deux cylindres avec manivelles calées au même angle ; la distribution se fait au moyen de deux soupapes recevant leurs mouvements de cames. Tout le mécanisme tourne dans l'huile dans une boîte fermée munie d'un clapet qui laisse échapper l'air refoulé à chaque coup de piston. L'allumage est électrique. Le refroidissement des cylindres se fait par une circulation d'eau forcée, dans une double enveloppe, au moyen d'une pompe.

On avait fait le projet d'employer ces voitures pour un service entre Saint-Germain et Ecquevilly ; mais ces véhicules complètement modifiés depuis décembre 1896, sont encore l'objet d'études

Fig. 3. — Car-Ripert de MM. Audibert et Lavirotte, de Lyon, 1896 (pétrole).

qui en empêchent, pour le moment, l'emploi pour un service public. Il n'est pas douteux, cependant, que d'ici à peu de mois, les ateliers de MM. Audibert, Lavirotte et Cie construiront des voitures lourdes pour le transport en commun des voyageurs ou celui des marchandises.

Omnibus de la Compagnie générale des Automobiles *(fig. 4)*. — Cette voiture que nous avons pu voir fonctionner à vide dans les ateliers de la Compagnie, se compose de plusieurs parties bien distinctes les unes des autres.

Le générateur de vapeur, système Valentin, dont nous donnons un dessin schématique, est du système tubulaire à vaporisation

instantanée. Chaque élément se compose de deux tubes concentriques en fer, dans l'espace annulaire desquels circulent l'eau et la vapeur ; les gaz chauds, après avoir léché l'extérieur de la batterie, traversent les tubes intérieurs avant de se rendre à la cheminée ; pour l'allumage, des carneaux permettent la communication directe du foyer avec la cheminée. A la partie supérieure,

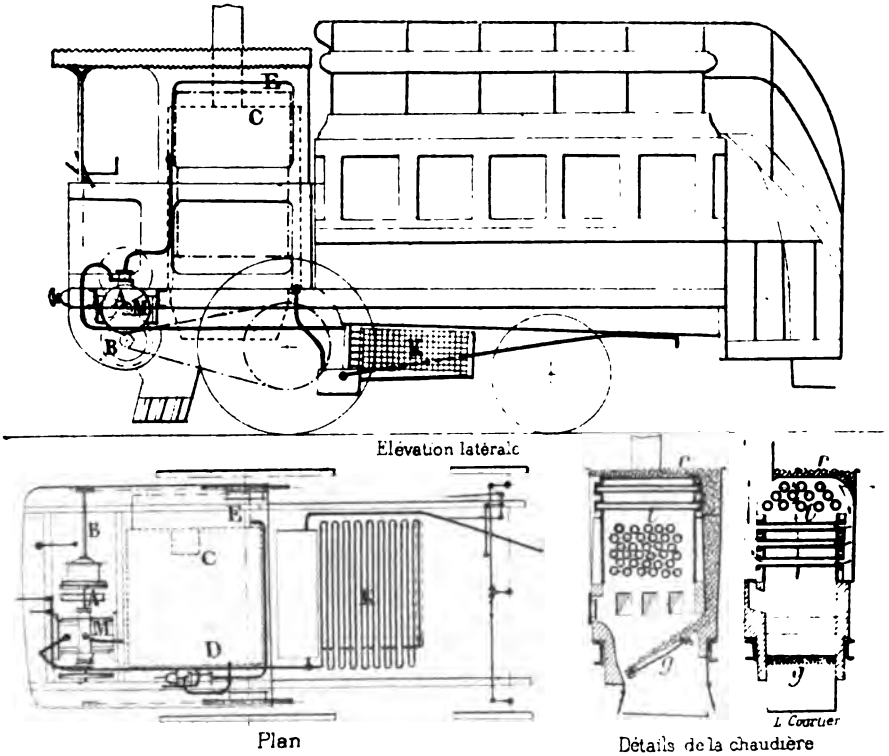


FIG. 4. — Omnibus de la Compagnie Générale des Automobiles.

des tubes ordinaires servent de réservoirs de vapeur. Le combustible emmagasiné au-dessus de la chaudière descend par une trémie sur la grille dont l'inclinaison est variable pour régler la distribution du combustible selon les cahots de la route.

L'alimentation se fait au moyen d'une pompe d'injection à course variable, réglée par le conducteur.

Le moteur à vapeur du système A. Gérard, dit épicycloïdal, est

un moteur rotatif; il transmet son mouvement par engrenages à un arbre différentiel qui actionne, par chaines Galle, les roues motrices placées à l'avant de 1,50 *m* de diamètre ; au devant d'elles est disposé un chasse-corps.

La direction se fait au moyen des roues d'arrière montées sur pivot : elles ont 1 *m* de diamètre.

La vapeur est condensée dans une batterie de tuyaux à ailettes, système Grouvelle et Arquembourg, disposée sous le châssis entre les deux essieux.

La voiture proprement dite est une caisse d'omnibus à 30 places de la Compagnie générale; la hauteur de celle-ci au-dessus du sol, a obligé les constructeurs à faire des roues assez grandes, ce qui nuit à la forme d'ensemble. La longueur totale de la voiture est de 6,60 *m*.

Lorsque le volume de la chaudière aura été réduit, que l'aspect général sera amélioré et les détails de construction arrêtés à la suite d'une suffisante pratique, ce système de voitures pourra, pensons-nous, être comparé aux systèmes existants. Nous avons tenu à le signaler dès aujourd'hui, avec quelques détails, à cause de sa grande originalité résultant de sa chaudière spéciale, et surtout de l'emploi qui a été fait, pour la première fois, d'un moteur rotatif à vapeur pour la traction des voitures lourdes.

Diligence Cambier *(fig. 5)*. — La Maison Th. Cambier et C^ie^, de Lille-Saint-Maurice, construit actuellement des diligences automobiles destinées au service d'Oran à Mostaganem. Le poids total d'une voiture en ordre de marche est de 3800 à 3900 *kg*.

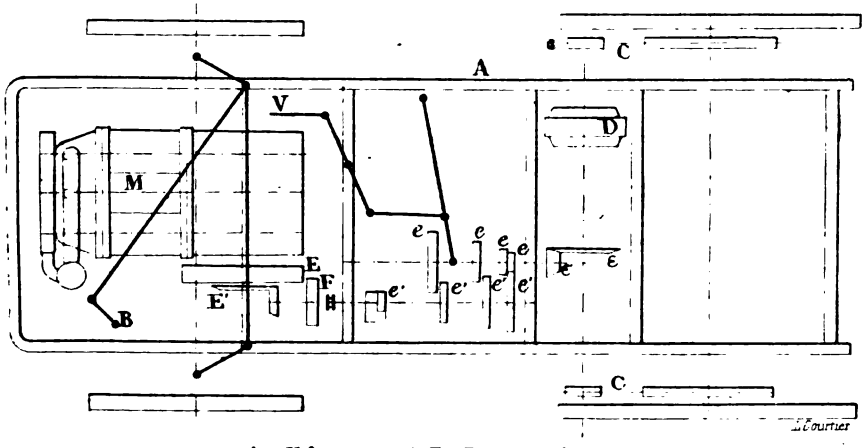
Le moteur est à essence de pétrole horizontal à 3 cylindres, développant 30 *ch* sur l'arbre ; tout le mécanisme baigne dans l'huile. Dans le volant se trouve un régulateur à force centrifuge, limitant la vitesse du moteur à 450 tours par minute ; le carburateur permet de multiplier, sans perte de charge appréciable, les contacts successifs de l'air et de l'essence qui cheminent en sens contraire l'un de l'autre, il est, en somme, basé sur un principe analogue à celui des colonnes à distiller l'alcool. On a donné au moteur les deux systèmes d'allumage généralement employés : l'étincelle électrique sert à la mise en train, car, par sa haute température, elle détermine l'explosion presque sans compression ; une fois le moteur en marche, on supprime le courant électrique et on entretient la chaleur au moyen de brûleurs Longuemarre. Le refroidissement des cylindres et des boîtes à soupapes

est assuré par un courant d'eau avec pompe de circulation ; un

Fig. 5. — Diligence Cambier, 1897 (pétrole).

réfrigérant tubulaire est disposé tout à fait à l'avant de la voiture.

La transmission (fig. 6) se fait au moyen d'une couronne dentée



A	Châssis	D	Différentiel
M	Moteur	C	Chaînes Galle
F	Embrayage	V	Leviers de changement de vitesse
E,E e,e' ε,ε'	Engrenages	B	Direction

Fig. 6. — Diligence à pétrole Cambier.

placée à la périphérie du volant ; un embrayage à friction, système Bonafous, sert à établir et à rompre la liaison entre le moteur et

les engrenages de changements de vitesse; ceux-ci sont calculés pour permettre les démarrages à la vitesse de 4 *km* à l'heure et une marche moyenne de 17 *km*.

La route d'Oran à Mostaganem, pour laquelle ces voitures ont été construites, est empierrée et bien entretenue; elle présente des rampes maxima de 65 *mm* par mètre qui devront être montées à 8 *km* à l'heure. La consommation d'essence ne dépasse pas, paraît-il, 700 cm^3 par cheval-heure.

Les voitures de la maison Th. Cambier et C^ie^ sont des plus intéressantes, c'est la première fois qu'on aborde, avec un moteur à pétrole sur automobile, une force de 30 *ch*. Jusqu'ici, on a toujours admis que le pétrole devait être réservé aux voitures légères ou de poids moyen et que la vapeur seule pouvait être employée pour forces un peu considérables. Aussi, nous souhaitons vivement que les essais qui sont en cours d'exécution, confirment pleinement les espérances des constructeurs.

Omnibus électrique *(fig. 7)*. — La Electric Motive Power C° limited, de Londres, a construit, il y a quelques mois, un omni-

Fig. 7. — Omnibus électrique de Londres, 1896.

bus automobile que nous reproduisons d'après le journal anglais *l'Autocar*.

C'est un omnibus pesant 2 300 *kg* en ordre de marche : il offre place pour vingt-six voyageurs; les accumulateurs du type Estein,

ne pèsent pas plus de 762 *kg*; ils sont divisés en quatre groupes dont chacun peut se remplacer très rapidement; ils sont garantis contre les chocs et les projections de liquide.

La vitesse peut varier de 2 à 16 *km* à l'heure, et les arrêts sont très rapides; la marche est, paraît-il, des plus silencieuses et la dépense ne dépasserait pas 0,12 *f* à 0,25 *f* par kilomètre, selon le profil du parcours.

Il faut attendre que des services réguliers soient établis et aient eu une certaine durée pour juger de la valeur mécanique et de la résistance des divers organes électriques.

Quant à la valeur esthétique de la voiture, elle a peut-être paru suffisante aux gens d'Outre-Manche, mais les constructeurs feront bien d'en améliorer l'aspect extérieur, s'ils veulent envoyer en France leur omnibus accumobile, selon l'expression qui semble être maintenant adoptée.

CONCLUSIONS

Il y a plus de soixante ans, une commission nommée en Angleterre, par la Chambre des Communes, faisait, sur les voitures à vapeur routières, un travail analogue, quoique bien moins important à celui qui a été fait cette année par la Commission des Poids lourds. Malgré que les conclusions du rapport anglais soient des plus favorables au nouveau mode de locomotion, les partisans des chemins de fer furent assez influents pour faire édicter des mesures draconiennes qui devaient étouffer l'essor de l'industrie des voitures sur routes en Angleterre.

Le rapport de l'Automobile-Club de France n'aura pas le même sort, bien au contraire, il sera le monument durable qui permettra de juger plus tard des progrès accomplis.

A partir de 1897 s'ouvre pour l'industrie française des voitures automobiles de poids lourds l'ère de la vraie pratique. Les études s'entreprennent de tous côtés et avec les voitures existantes on organise déjà des services publics (1); le printemps prochain verra déjà plusieurs de nos vieilles routes de France parcourues régulièrement par les voitures automobiles lourdes, dernier enfantement de l'esprit moderne.

(1) Le premier service public régulier a été inauguré en mai 1897 sur le parcours Courbevoie-Colombes, il s'effectue au moyen de trains Scotte.

COMPTE RENDU

DE LA

FÊTE DU CINQUANTENAIRE DE LA FONDATION

DE

L'ASSOCIATION DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'ÉCOLE DE LIÈGE

PAR

M. S. PÉRISSÉ

Votre Bureau a bien voulu me charger de vous présenter un compte rendu sommaire des fêtes du cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège : cette agréable mission, de parler de nos sympathiques confrères de Belgique, revenait à notre Vice-Président, M. Dumont, qui a conduit avec distinction la délégation de 10 membres qui représentait notre Société à ces fêtes des 17, 18 et 19 octobre, mais le Bureau s'est souvenu qu'il y a vingt-cinq ans, une mission semblable m'avait été donnée, et il a voulu que les séances du vingt-cinquième et du cinquantième anniversaire vous soient décrites par le même Collègue. Je l'en remercie.

La délégation se composait de M. Dumont, Président, et de MM. Bresson, Delsa, Dupuis, Krieg, Lévy, Lougot, Périssé, Léon Thomas et Trouvé. Elle a été reçue avec les autres Ingénieurs invités, le dimanche 17 octobre, à la salle académique de l'Université, par M. Paquot, Président de l'Association, assisté de M. Habets, son secrétaire.

Après avoir souhaité la bienvenue aux Ingénieurs étrangers, M. Paquot, dans une allocution très applaudie, a parlé des hommes qui ont illustré l'Association, émanation de l'École des Mines de Liège, fondée en 1835 ; il a fait acclamer les noms des promoteurs et des fondateurs de l'Association, et il a rappelé les éminents services rendus par M. Louis Trasenster qui a conservé la présidence pendant trente-huit ans, et il a terminé en faisant ressortir le rôle social de l'Ingénieur qui, étant constamment en contact avec l'ouvrier, peut beaucoup pour le rapprochement des classes.

M. Habets, Secrétaire général de l'Association, non moins applaudi que M. Paquot, a fait l'histoire des cinquante premières années de l'Association, fondée en 1847 par dix camarades dont trois présents, ont été salués et acclamés : MM. de Vaux, A. Jottrand et L. Goret. L'association compte aujourd'hui plus de onze cents membres ; ses présidents avant M. Paquot ont été M. Trasenster, M. Montefiore-Levi, M. Despret et notre Collègue M. Eug. Gillon, l'éminent professeur de Métallurgie de l'École.

Immédiatement après la séance d'ouverture, ont eu lieu parallèlement deux séances consacrées à l'exposé de sujets techniques.

Dans la salle académique, M. **Harzé**, Directeur général des Mines de Belgique, avec l'autorité qui s'attache à ses hautes fonctions, a tracé le développement des industries extractives et métallurgiques en Belgique depuis 1831.

Entre autres chiffres statistiques, M. Harzé a rapproché ceux du salaire annuel moyen de l'ouvrier mineur qui était de 483 *f* en 1831, et de 957 *f* dans la dernière période décennale 1887-1896. Il a expliqué que si ce dernier chiffre de 957 *f* était inférieur à ceux de la France et de la Westphalie, cela provenait des difficultés d'exploitation et du pouvoir d'achat monétaire plus fort en Belgique que chez ses voisins.

Le rendement de l'ouvrier est passé de 92 *t* en 1831 à 174 *t* dans la dernière période décennale. Cette augmentation de rendement est la mesure des travaux persévérants des Ingénieurs qui ont modifié et perfectionné les installations tout en développant l'hygiène et la sécurité du travail.

M. Harzé a ensuite montré la progression de la part des ouvriers dans les dépenses pour les charbonnages. En 1861-1870, les ouvriers recevaient 52,3 0/0 de la valeur produite et les exploitants 9,6 0/0. Dans la dernière période décennale, les proportions sont devenues 57,8 et 6,6.

Enfin, M. Harzé s'est longuement étendu sur la diminution du risque professionnel dans les houillères belges : le nombre des victimes a passé de 31 à 16,8 par 10 000 ouvriers occupés et de 33,8 à 11,2 par million de tonnes extraites, et c'est dans le bassin de Liège que le risque professionnel de l'ouvrier mineur a diminué dans la plus grande mesure dans la dernière période décennale. C'est là le résultat le plus frappant de l'intervention de l'Ingénieur qui a fait progresser l'hygiène et la prévention des accidents, car le risque professionnel a été diminué

malgré l'augmentation du danger et malgré le recrutement du personnel ouvrier dans les milieux dépourvus d'apprentissage.

En terminant, M. le Directeur général des Mines de Belgique a conseillé le développement de l'assurance contre les accidents, sans négliger les progrès à faire pour les prévenir.

M. Smeysters, Ingénieur en chef, Directeur des Mines, a communiqué quelques-uns des résultats les plus caractéristiques des nouveaux travaux de la carte des mines du bassin de Charleroi. Ils ont démontré que la formation houillère doit y être considérée comme un amoncellement de gigantesques massifs rocheux séparés les uns des autres par des cassures suivant lesquelles ils ont cheminé sous l'influence de poussées successives venues du Midi. Il arrive souvent que ces massifs rocheux ont chevauché de manière à créer des anomalies géologiques qui, jusqu'en ces derniers temps, ont bravé la sagacité des géologues.

M. Smeysters a surtout entretenu ses auditeurs de deux de ces anomalies : 1° D'abord, du *calcaire de la Tombe*, imposante masse de calcaire carbonifère de 1 300 *m* de largeur sur plus de 11 *km* de longueur apparente, accompagnée d'assises géologiques plus anciennes encore reposant sur le terrain houiller bien authentique puisqu'il a été exploité. C'est le résultat d'un transport presque horizontal ; mais les anomalies ne s'arrêtent pas là et le massif de la Tombe est lui-même parcouru par des failles, sans doute antérieures à ce transport, qui ont produit des contacts anormaux des différentes assises géologiques qui y sont contenues ; 2° De l'existence d'un *lambeau de terrain houiller inférieur, sans houille, sous la ville de Charleroi*, en dessous duquel se meuvent des exploitations houillères. Il a été amené dans cette position anormale par le mécanisme des forces seismiques.

Ce sont là deux phénomènes géologiques dont la clef ne peut être fournie que par l'avancement des travaux miniers fouillant le sol dans tous les sens, mais qu'une étude géologique limitée à la surface, laisserait probablement à l'état d'énigmes.

Je me permets d'ajouter qu'il est intéressant de constater le secours que l'Ingénieur apporte au savant pour la solution de problèmes vis-à-vis desquels la science seule serait impuissante, si elle n'était aidée par les moyens d'investigation dont l'industrie peut disposer. Les travaux de notre Collègue, M. Fayol, dans le bassin de Commentry en sont, au surplus, un fort bel exemple dans un ordre d'idées un peu différent.

Comme exemple de l'*installation des sièges d'extraction à grandes profondeurs*, M. **Tomson** a présenté le résumé de l'étude qu'il a faite, à l'occasion de l'établissement des charbonnages Preussen, au nord de Dortmund. Après avoir passé en revue les perfectionnements apportés dans les fonçages à niveau vide et à niveau plein, M. Tomson a décrit les installations faites dans les puits et particulièrement dans le guidonnage double Briart, ainsi que les dispositions adoptées pour les galeries de contour des puits et les engins d'extraction.

L'auteur a parlé du nouvel appareil qu'il a imaginé et installé pour le chargement et le déchargement simultané des divers étages des cages d'extraction, au jour et au fond. Le poids des wagonets pleins est utilisé pour élever les wagonets vides au moyen d'élévateurs doubles hydrauliques placés à l'avant et à l'arrière des cages. En marche normale, on ne doit avoir recours à aucune autre force motrice.

Pour les grandes profondeurs, il faut, d'après M. Tomson, abandonner les câbles en aloès et les remplacer par des câbles plus économiques, en fils d'acier, dont la résistance à la rupture va jusqu'à 180 *kg* par millimètre carré. Il a passé en revue les divers systèmes d'équilibrage des câbles et il a conclu en faveur de l'emploi de tambours spiraloïdes. Il a donné quelques renseignements sur la machine d'extraction à deux arbres parallèles, du type vertical et compound, qui marche depuis bientôt un an à Preussen ; la répartition des tambours sur deux arbres permet l'emploi de tambours spiraloïdes pour de grandes profondeurs.

Enfin, l'auteur a donné le résultat de ses calculs pour une extraction *par minute* de 2 640 *kg* de charbon de la profondeur de 1 200 *m* ainsi que le coût de l'installation et le prix de revient de l'extraction d'une tonne de houille. Il a indiqué les dispositions prises en vue de la concentration de la force motrice et de sa transmission à la surface et au fond, soit par arbre et courroie, soit par l'eau ou l'air comprimé, soit par l'électricité. Pour une profondeur dépassant 700 *m*, on ne peut employer pour l'épuisement que des pompes mues par l'eau à haute pression ou par l'électricité.

Ces trois communications sur les mines ont été suivies de deux autres sur la mécanique.

La question de la *compression de la vapeur dans l'espace mort des machines*, a été traitée par notre Collègue M. **Dwelshauvers-**

Dery, Professeur à la Faculté technique, avec la collaboration de M. **Hubert**, Ingénieur principal des Mines, chargé de cours à l'Université.

Il a été généralement admis jusqu'à présent, que la compression de la vapeur dans l'espace mort, diminue l'effet nuisible de ce dernier, et produit une économie de vapeur. On a même démontré que l'influence de cet espace sur la consommation de vapeur, peut être entièrement annihilée par la combinaison de la compression complète avec la détente complète, à la condition que ces deux opérations se fassent suivant la même loi.

Mais on ne tenait pas compte, dans ces démontrations purement théoriques, de l'influence des parois. L'expérience seule, et l'expérience faite dans des conditions permettant d'en contrôler sérieusement tous les résultats, pouvait seule apporter la lumière.

Les essais qui ont été exécutés en 1897 sur la machine du Laboratoire de mécanique de l'Université de Liège, d'abord sans compression, ensuite avec des compressions durant 1/10e, 2/10e, 3/10e et 4/10e de la course rétrograde du piston ont établi la conclusion suivante :

« Dans une machine sans condensation avec ou sans enve-
» loppe, la compression est désavantageuse au point de vue de
» la vapeur. La perte qu'elle entraîne augmente avec le degré de
» compression. »

La vapeur se condense déjà sur les parois pendant la compression, et si cette dernière a effectivement pour résultat de diminuer la condensation initiale, la somme des quantités condensées pendant la compression et l'admission, est supérieure à celle qu'on constate quand il n'y a pas de compression.

Le fait n'a rien de paradoxal, car la compression de la vapeur, lorsqu'elle n'est pas effectuée par le piston, l'est par la vapeur arrivant de la chaudière. Il est parfaitement admissible que cette compression directe soit plus économique que celle accomplie par le piston, cette dernière exigeant une double transformation de chaleur en travail et de travail en chaleur.

La séance s'est terminée dans la salle académique par un *exposé des freins continus* par notre Collègue, M. **Kaptein**, directeur de la Westinghouse Brake Limited Co. Il a donné brièvement l'histoire du développement des freins continus, et signalé les grands avantages que le service des trains de voyageurs a retirés de leur ap-

lication, il appelle l'attention sur les dangers résultant de l'absence des freins continus sur les trains de marchandises ; sous ce rapport, l'Europe est beaucoup dépassée par les États-Unis et l'Australie. M. Kaptein étudie l'effet des freins continus sur les appareils de traction, pour faire ressortir les défauts de la barre de traction continue, préconisant l'emploi des barres de traction isolées.

M. Kaptein communique ensuite une description d'un nouveau tampon à friction pour les véhicules de chemin de fer, dont l'action sous les chocs, est beaucoup plus douce que les tampons à ressort existant, tout en absorbant une quantité de force vive presque dix fois plus grande. Il cite, à l'appui de son opinion, des expériences récentes démontrant tout l'intérêt qui s'attache à ce nouvel appareil à choc du matériel roulant.

Deux autres questions, celle de la prévention des accidents du travail par M. F. **Jottrand** et celle des chaudières à basse pression employées pour le chauffage des habitations, par M. **Alexandrovicz**, n'ont pas été traitées, vu l'heure avancée.

Dans l'auditoire de physique expérimentale où le plus grand nombre des Ingénieurs s'étaient rendus, quatre études fort intéressantes sur la métallurgie ont été présentées par deux de nos Collègues, MM. Rocour et Greiner, et par MM. Hubert et Magery. Trois autres communications sur des industries chimiques n'ont pu être faites.

M. **Rocour** présente le résumé d'une *étude sur le haut fourneau*.

L'ensemble des réactions qui se passent dans un haut fourneau est assez bien connu au point de vue qualitatif, mais au point de vue quantitatif et calorifique il n'en est pas tout à fait de même.

De Vathaire et Bell ont essayé d'établir le bilan calorifique du haut fourneau. Gruner, dans un remarquable mémoire publié en 1870, a établi une véritable méthode de calcul des divers phénomènes. Toutefois plusieurs coefficients admis, faute de mieux à cette époque, sont inexacts.

Les tables de thermo-chimie de Berthelot, ont permis de redresser des chiffres importants, ceux relatifs à la réduction de F^2O^3 et à la dé composition du calcaire notamment. Enfin les études de Mahler sur les combustibles, ont montré la nécessité d'un re-

dressement du pouvoir calorifique du coke et de la composition des gaz produits.

L'application des éléments plus exacts ainsi obtenus au roulement d'un fourneau de Jarville des aciéries Nord-Est, a permis d'établir par différence avec une approximation justifiée, la perte par refroidissement qui s'est trouvée être d'environ 8 0/0 de la chaleur développée par une combustion de 81 *t* de coke par vingt-quatre heures, dans un fourneau de 22 *m* en allure d'affinage. Appliquant cette évaluation par voie comparative à d'autres cas, M. Rocour montre comment on peut établir tous les éléments de roulement d'un haut fourneau, en se passant du rapport $\frac{CO^2}{CO}$ de Gruner et de sa méthode fastidieuse des approximations successives.

Il adopte comme variable au lieu de $m = \frac{CO^2}{CO}$ la fraction n du carbone chargé p qui arrive aux tuyères, d'où il déduit le poids $\frac{17}{3} n p$ du vent soufflé, ce qui lui permet d'établir directement l'équation calorifique totale du fourneau en égalant la chaleur des combustion augmentées de celle apportée par le vent, à la chaleur absorbée par les réactions, la fonte, le laitier, les gaz et le refroidissement.

La chaleur emportée par les gaz est facilement estimée. Il en résulte que l'équation calorifique peut se ramener à la forme : $n = A + \frac{B}{p}$ réprésentant un arc d'hyperbole suivant lequel varient p et n avec les diverses natures de coke, de minerai et avec la marche plus ou moins économique ou intensive.

Tous les autres éléments se déduisent de n et p et permettent des comparaisons intéressantes.

M. Rocour a indiqué en terminant que, en métallurgie comme en électricité, on n'arrive au vrai progrès industriel qu'en mesurant aussi exactement que possible la valeur de tous les phénomènes.

En parlant des *progrès accomplis dans la connaissance du métal acier*, M. **Greiner**, notre Collègue, l'éminent directeur général de la Société Cockerill, a produit sur l'assemblée une profonde impression, en l'initiant, pour ainsi dire, aux travaux de M. Osmond sur la métallographie.

M. Greiner a d'abord fait ressortir l'utilité de la connaissance de la structure interne des métaux. C'est par cette science nouvelle trop longtemps méconnue, la métallographie, que l'on a pu soulever le voile mystérieux de la nature intime des métaux et de leurs alliages. Il importe de la populariser pour répandre plus de lumière sur les nombreux phénomènes qui se passent dans le traitement et l'emploi des métaux, et principalement dans l'acier, *le métal fondu et malléable*, extrait des minerais de fer et possédant une partie des corps étrangers que ceux-ci contenaient.

De ces corps étrangers, dont un seul, le carbone, est combiné au fer, plusieurs sont nuisibles, le soufre et le phosphore; d'autres ne le sont pas dans de certaines proportions, notamment la manganèse qui est l'antidote du soufre, et le carbone et le silicium qui donnent au métal des propriétés si particulières.

Trois moyens d'investigation existent : l'épreuve chimique, l'épreuve mécanique et l'épreuve metallographique.

Dans l'*épreuve chimique* deux causes d'erreur se présentent, par la difficulté de faire les prises d'essai et par la difficulté de l'analyse elle-même, dont les procédés varient d'un laboratoire à l'autre. Depuis longtemps l'on a senti la nécessité de se mettre d'accord sur les procédés d'analyse des aciers, et l'on est bien près d'aboutir, grâce à un subside voté au récent congrès de Stockholm par les métallurgistes allemands, français, belges, autrichiens et russes, pour la création d'un laboratoire central d'études qui serait annexé à l'École polytechnique de Zurich. Les diverses nations sont invitées à coopérer aux frais de son entretien annuel, et il est de toute probabilité qu'au 1er janvier prochain, le laboratoire entrera en activité.

Les *épreuves mécaniques* sont les plus employées aujourd'hui, mais il faut unifier les méthodes d'essai, et pour cela codifier, pour ainsi dire, les différentes conditions imposées pour la réception des matériaux. La question est étudiée en France par la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, et en Allemagne, par l'association des Ingénieurs allemands. Deux rapporteurs ont été entendus au congrès de Stockholm, et ils arrivent à cette conclusion que les procédés en usage actuellement ne suffisent pas pour se rendre compte de la valeur de l'acier. L'un d'eux, M. Barba, est arrivé à cette conclusion que l'examen de la structure du métal donne seul, la connaissance complète de son homogénéité.

M. Greiner a abordé le sujet principal de son étude, les *épreuves*

métallographiques; les premières publications sont dues au Dr Saxby de Sheffield, et plus tard, en 1878, au professeur Martens, de Berlin; mais ce sont les travaux poursuivis avec une persévérance admirable dans son appartement de Paris, par M. Osmond, qui ont élargi le champ de cette science féconde ; c'est grâce aux procédés et aux découvertes de ce savant Ingénieur, que les recherches micrométallographiques se développent de plus en plus dans les principaux pays métallurgiques, et laissent entrevoir le moment prochain où l'on ne pourra plus se passer de son secours dans le traitement et l'emploi des métaux, notamment de l'acier.

M. Osmond a montré que la métallographie permet d'étudier la matière au triple point de vue de l'histologie, de la biologie et de la pathologie, c'est-à-dire au point de vue de sa composition, de sa constitution cellulaire et de ses maladies, car l'histoire des métaux et de leurs alliages n'est pas sans analogie avec celle des êtres animés. M. Greiner a fait passer devant l'assemblée, vivement intéressée, des vues agrandies de sections d'acier de composition différente, qui ont montré les trois éléments découverts par les métallographes; la ferrite (fer pur), la perlite (mélange de fer et de carbure de fer) et la cémentite (carbure de fer), et parmi les planches que lui a communiquées M. Osmond, il a présenté des aciers de diverses natures, naturels, recuits et trempés.

Parler plus longuement des travaux de notre Collègue Osmond serait déflorer un magnifique sujet que son auteur voudra bien, espérons-le, nous présenter lui-même, à notre congrès du Cinquantenaire.

Communication de M. **Hubert,** Ingénieur principal des Mines, pour *l'utilisation directe des gaz de hauts fourneaux pour la production de la force motrice.*

On utilise aujourd'hui à peu près complètement les gaz produits par les hauts fourneaux, partie pour chauffer le vent soufflé par les machines, partie pour chauffer les chaudières produisant la vapeur nécessaire aux différents moteurs qui desservent les hauts fourneaux.

Ce dernier procédé n'utilise qu'une faible partie de la chaleur de combustion des gaz, en raison même du faible rendement théorique des machines à vapeur. Il était donc très intéressant de faire l'utilisation en desservant un moteur à gaz dont le rendement est notablement supérieur, et cela avec d'autant plus de

raison que le combustible dont on dispose est précisément à l'état de gaz.

Sur la proposition d'un de ses Ingénieurs, M. Bailly, la Société Cockerill a mis en fonctionnement, le 27 décembre 1895, à Seraing, un moteur Simplex de 8 *ch* fourni par MM. Delamare, Debouteville et Malandin. Ce moteur a marché depuis lors sans interruption et sans difficulté. Encouragée par ce succès et par celui de deux puissants moteurs à gaz pauvre, installés par les mêmes constructeurs, la Société Cockerill va bientôt essayer un moteur de grande puissance. Si cet essai réussit, une très grande économie sera réalisée dans la marche des hauts fourneaux. Le gaz qu'ils dégagent a un pouvoir calorifique moyen de 1 000 calories par mètre cube. M. Hubert a indiqué que les gaz employés actuellement pour le chauffage des chaudières à vapeur, ne peuvent fournir plus de 1 475 *ch* pour une production de 100 *t* de fonte par jour, tandis que, brûlés directement dans le moteur, ils pourraient développer 3 600 chevaux. Ce serait là un résultat obtenu des plus remarquables.

La dernière communication est celle de l'éminent et habile directeur technique des Aachener Hutten Actien-Verein; elle a été écoutée avec attention et intérêt en raison des succès obtenus par M. **Magery**, dans les aciéries d'Aix-la-Chapelle.

Elle a porté sur les modifications qu'il a fallu faire aux *installations de laminoirs* lorsque l'acier Thomas a été employé pour la fabrication de tous les gros fers de construction. M. Magery est parti de ce principe qu'une aciérie à grande production ne devait pas couler de lingot d'un poids inférieur à 1 000 *kg*, et qu'il fallait, autant que faire se peut, laminer ces lingots, en produits finis, en une seule chaude.

Il a classé la série des profils de fers spéciaux en trois catégories, les plus gros correspondant aux I de 550 à 300; les moyens de 300 à 140 et les plus légers de 140 et au-dessous.

Pour la première catégorie, un train blooming de 950 à 1 000 de diamètre et 2,50 *m* de table, un train finisseur de 800 à 850 à trois cages-trios de 2,25 *m* de table. La machine à volant faisant 70 à 80 tours. Avec cet outillage, les lingots de 1 500 *kg* passent en une seule chaude.

Pour la deuxième catégorie, profils moyens dont les plus minces donnent des barres de près de 70 *m* de longueur, avec des lingots de 1 000 *kg*, il faut un laminage beaucoup plus rapide avec bloo-

ming de 950 qui forge et dégrossit les lingots. La machine doit être sans volant et attaquer le train sans l'intermédiaire d'engrenages, à raison de 150 tours par minute, avec des trios de 650 à 700. La machine a trois cylindres conjugués compound à condensation.

Le blooming de la deuxième catégorie sert aussi au dégrossissage des lingots de 1 000 *kg* pour les profils de la troisième catégorie ; mais il faut se résigner à les découper et les réchauffer avant de les passer au train finisseur actionné comme pour les profils moyens, par des machines à très grande vitesse et sans volant.

M. Magery a dit un mot de l'emploi des puits Gyers qu'il n'a pas trouvés pratiques pour le travail à une chaude, et qu'il a remplacés par des fours roulants ordinaires munis de chaudières pour utiliser leur chaleur perdue.

En terminant, M. Magery a déclaré qu'il était loin d'avoir voulu indiquer ce qu'il y avait de mieux à installer et il a vivement engagé les Ingénieurs métallurgistes à parcourir les différentes usines allemandes de la Saar et de la Westphalie. Ils reviendront émerveillés de ce qu'elles ont fait.

Les sujets techniques se sont terminés sur cette importante communication et on est passé ensuite de l'utile à l'agréable. Je vais vous dire quelques mots seulement de cette deuxième partie du cinquantenaire ; vous me permettrez d'être bref, car entraîné malgré moi par l'intérêt des communications techniques, je crains d'avoir été un peu long dans le compte rendu que je viens de vous présenter.

Un banquet de plus de cinq cents couverts a réuni, selon la tradition, les membres de l'Association auxquels se sont joints leurs invités belges et étrangers, parmi lesquels se trouvaient M. Nyssens, ministre du Travail, et M. de Favereau, ministre des Affaires étrangères. C'est dans la salle du Conservatoire Royal de musique que les tables ont été dressées, les unes sur le plancher de niveau des fauteuils d'orchestre, les autres sur le plancher de la scène. Une franche et bruyante gaieté n'a cessé de régner, surtout vers la fin du banquet.

Le toast au Roi a été porté, en termes d'un patriotisme élevé, par M. le président Paquot qui a remercié les ministres de leur présence. M. Nyssens a répondu en faisant l'éloge de l'Association et en signalant les services rendus par ses membres, M. le Directeur général des Mines, M. Harzé, a donné lecture des décrets

conférant des promotions et des nominations dans l'ordre de Léopold, et M. Habets a porté la santé des invités étrangers, au nom desquels notre vice-président Dumont avait été chargé de répondre pour clore la série des toasts. Il l'a fait avec une chaleur persuasive qui lui a permis d'obtenir des convives un silence relatif dont les deux précédents orateurs avaient dû se passer, et il a bu aux succès toujours croissants de l'Association, à la continuation de nos anciennes et amicales relations, aux Ingénieurs belges et en particulier aux Ingénieurs liégeois et il a levé son verre en criant : « Vive la Belgique ».

Les mots, pour ainsi dire unanimement exprimés, de « Vive la France » ont répondu au toast de notre vice-président et à deux reprises notre chant national s'est fait entendre avec ensemble et enthousiasme. On se serait cru en France.

La première journée était finie. La seconde a été consacrée à la visite d'établissements industriels, principalement aux établissements Cockerill à Seraing et à la fabrique d'armes de guerre à Herstal, puis, après un lunch au Jardin d'Acclimatation, les Membres ont visité les Instituts de la Faculté technique de l'Université, c'est-à-dire les Écoles spéciales des Arts et Manufactures et des Mines. La journée s'est terminée par une fête artistique à la salle du Conservatoire Royal, à laquelle se sont rendus, avec leur famille, les membres de l'Association, et j'ai été honoré en prenant place dans la loge du président Paquot. La fête a été très belle au sein de la société liégeoise justement éprise de la bonne musique. La célèbre société chorale « la Légia » s'est fait entendre.

C'est ainsi que se sont terminées ces deux belles journées favorisées par un temps superbe. Le lendemain, une excursion à l'Exposition de Bruxelles a conduit un assez grand nombre de Membres, dont plusieurs d'entre nous, à la tête desquels se trouvait M. Trouvé. Au lunch d'adieu notre Collègue a remercié les Ingénieurs belges et les a conviés au rendez-vous de 1900 à la grande Exposition, et il a levé son verre en l'honneur de l'Association des Ingénieurs liégeois, en buvant à la fois à la Belgique et à la France.

Qu'il me soit permis, en terminant ce compte rendu, de proposer à la Société des Ingénieurs Civils de France, de voter des remerciements unanimes à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège pour la magnifique et cordiale réception qu'elle vient de faire à ses dix délégués aux fêtes du Cinquantenaire.

DE LA RÉSISTANCE

DES

BARRAGES D'UNE GRANDE LONGUEUR

ET GRANDE HAUTEUR

Soumis à des pressions statiques considérables.

PAR

M. A. LENCAUCHEZ.

Pour les grands réservoirs, bassins ou lacs artificiels à digue ou barrage de retenue en maçonnerie, il y a un point capital, qui me semble être presque toujours négligé en tout ou partie dans leurs projets, et ce point réside dans la propriété qu'ont tous les corps de se dilater et de se contracter avec les changements de température.

Si nous admettons qu'en été la température peut s'élever à $+ 20°$ seulement, et s'abaisser à $- 20°$ en hiver, on reconnaît qu'un ouvrage peut être soumis aux efforts de traction ou de compression dus à la contraction et à la dilatation données pour une différence de température de 40°.

L'accroissement de longueur des briques rouges frittées (*bien cuites*), des pierres dures, des schistes cristallins, du granit, etc., peut être estimé en moyenne à $\frac{1}{1\,200} = 0{,}000833$ pour passer de 0° à 100°; donc pour ne passer que de $-20°$ à $+20°$, l'accroissement de la longueur, ainsi que de la largeur et de la hauteur sera de $0{,}000833 \times 0{,}40° = 0{,}000333$.

Si donc, pour une différence de température de 40° un bloc de maçonnerie de 1 *m* de long peut atteindre 1,000333 *m*, soit s'allonger de un tiers de millimètre, un ouvrage en maçonnerie de 100 *m* de long pourra donc s'allonger ou se contracter pour une différence de 40° de $0{,}333\ mm \times 100\ m = 33\ mm$.

Donc des crevasses, fissures, lézardes, etc., se produiront dans toutes les directions, du volume ou cube d'un ouvrage, pouvant permettre à l'eau d'un barrage de venir exercer sa pression destructive en tous sens dans sa maçonnerie. Il y a lieu aussi de

tenir compte de la porosité qui laisse filtrer l'eau à travers les pierres les plus dures.

D'un autre côté, le ciment hydraulique forme des mortiers très durs, cassants avec le temps plus ou moins long réclamé pour leur prise complète : ainsi, quand on voit une cour ou un trottoir dallé par un enduit de ciment, on le trouve toujours fissuré, et les fissures sont d'autant plus larges que l'enduit est vieux : de même quand une cour est pavée avec joints cimentés, ceux-ci avec le temps se fendent sous l'action du retrait et des changements de température.

Ceci dit, je vais citer un exemple pour le cas des tuyaux en grès, dits cérames, que j'ai eu à observer, dans la canalisation du service hydraulique de la ville de Trouville en 1880 : ces tuyaux avaient 0,160 *m* de diamètre intérieur et 0,036 *m* d'épaisseur de paroi; ils étaient essayés à la pression de 10 *kg à laquelle ils résistaient très bien;* j'avais disposé les 15 *km* de canalisation avec réservoirs intermédiaires, et aucune secousse ne pouvait se produire; je ne parle pas des coups de bélier qui ne pouvaient jamais être soupçonnés; la pression, toujours très constante et maxima dans la canalisation, ne dépassait pas 6,250 *kg;* mais petit à petit tous les tuyaux crevaient, aussi bien sous les pressions de 1,5 *kg* qu'à 6 *kg* et ceci au bout de trois ans de pose, comme dans les premiers jours. Ce qui me faisait dire : Comment un tuyau a-t-il pu résister trois ans à une pression de 3 *kg* et crever un beau jour, alors que d'autres résistent encore à 6 *kg*, et quand tous ont été essayés à 10 *kg* avant la pose?

A force de prendre des renseignements et d'observer les cassures, j'ai reconnu qu'elles étaient toutes semblables et que donc elles avaient toutes la même cause. Je dois dire que ces tuyaux étaient étirés à la filière, vernis intérieurement et extérieurement à la cuisson.

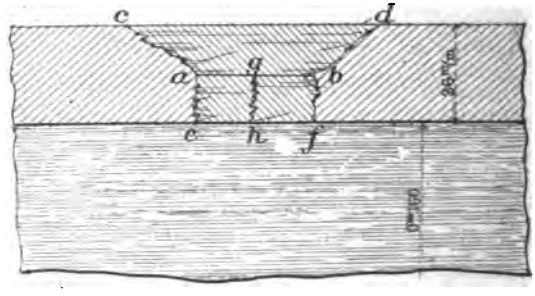
On remarquait bien nettement un éclat *a*, *b*, *c*, *d*, toujours conique, et une débouchure *a*, *b*, *e*, *f*, brisée en 3, 4, 5 ou 6 morceaux, en recomposant *a*, *b*, *e*, *f*, pour l'appliquer sur *a*, *b*, *c*, *d*, on voyait qu'il n'y avait pas de cassure suivant la ligne *a*, *b*, que cette ligne n'était qu'une faille ou superposition sans adhérence, et qu'en réalité le filage de la pâte céramique l'avait feuilletée; que l'adhérence faisait défaut en *a*, *b* *(fig. 1)*. Quand par capillarité en 1, 2 et 3 ans, la pression hydrostatique avait pu cheminer du point *h*, où l'émail faisait défaut, pour arriver en *g* et remplir la faille *a*, *b*, en y exerçant sa pression, l'éclat *a*, *b*, *c*, *d* sautait, la con-

duite se vidait, *a*, *b*, *e*, *f* ayant sauté aussi, ne pouvant plus résister à la pression; *a*, *b* avait souvent, suivant les pressions de 2 à 6 *kg* 0,120 *m*, 0,150 *m* et 0,200 *m* de long, dans le sens de la génératrice et seulement la moitié dans le sens perpendiculaire à celle-ci; quant à *c*, *d*, sa longueur était en moyenne le double de *a*, *b*. Le cheminement *g*, *h*, était très variable, mais ne dépassait pas souvent la moitié de l'épaisseur.

D'où il suit qu'on était en droit d'admettre qu'avec le temps, tous les tuyaux en grès sauteraient, et pour cette raison, ils ont été remplacés par des tuyaux en fonte. En trois ans j'avais constaté plus de 200 accidents invariablement semblables.

Dans les barrages monolithes, le retrait du mortier hydraulique, la porosité et les effets de dilatation et de contraction résultant des variations de température *(avec le temps comme il est dit plus haut)*, produiront les mêmes accidents que ceux arrivés aux tuyauxen grès; quoique pour une toute autre cause, des failles *a*, *b* *(fig. 1)*, ne venant pas du feuilletage, seront faites par les mouvements de contraction, qui provoqueront de calamiteuses catastrophes, comme celle de Bouzey.

Fig.1



Comme conclusion, on est en droit de dire que tous les barrages monolithes sauteront, que c'est une affaire de temps, suivant que la pression est plus ou moins considérable, et que la hauteur et la longueur des ouvrages sont grandes; les plus savants calculs n'y feront rien.

Alors il faut se demander comment on doit faire un grand barrage pouvant durer indéfiniment?

La réponse à cette question est bien simple : en construisant sa maçonnerie à libre dilatation.

Mais comment faire un grand barrage à libre dilatation? Comme on fait les ponts et comme on a fait les églises gothiques.

En effet, des pleins cintres donnent le maximum de résistance, recevant la pression perpendiculaire à leur clef de voûte, soit la poussée; ils ne travaillent qu'à la compression; s'ils sont noyés,

Fig. 2

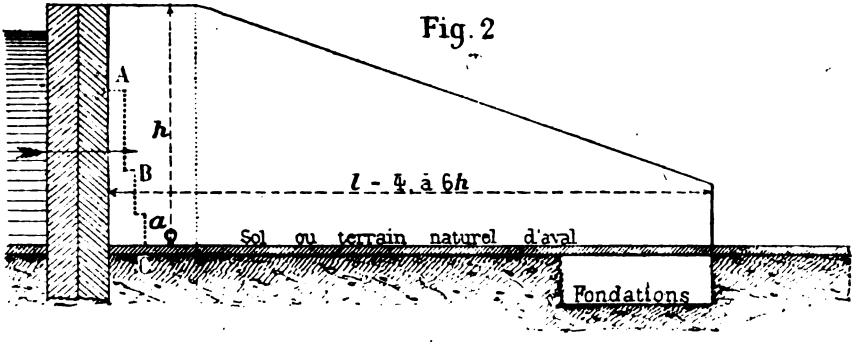
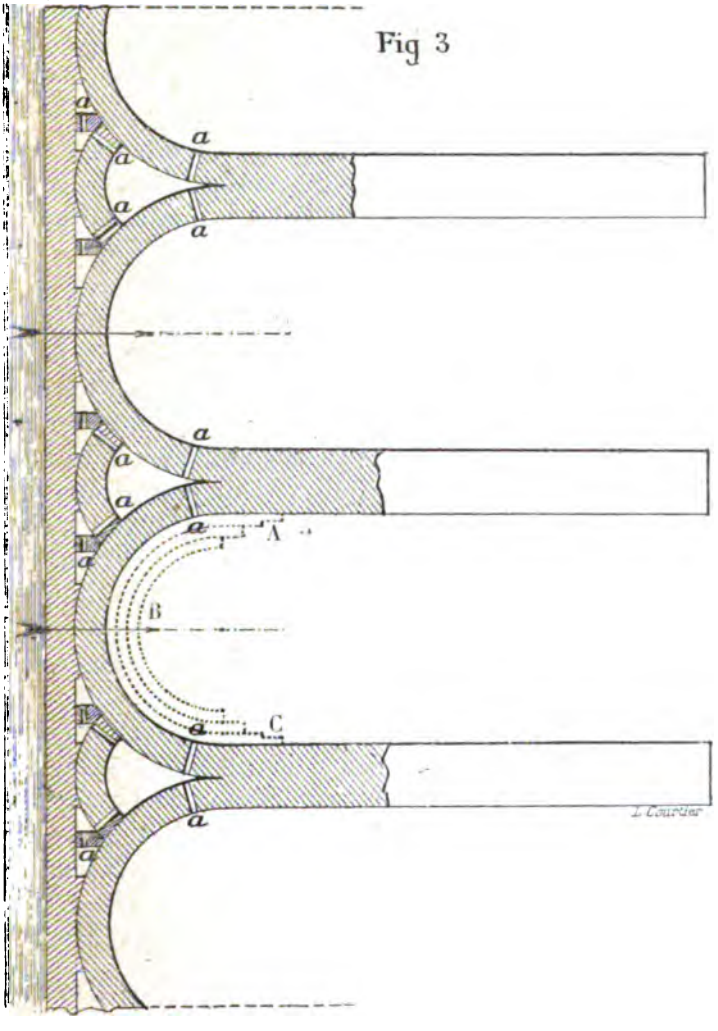


Fig 3



tous leurs éléments ne reçoivent que des efforts centripètes, concourant à les resserrer sur leurs pieds-droits *(murs verticaux, (fig. 2 et 3)*, qui doivent être assez longs pour résister à la poussée; dans ce cas, ces longs murs sont appelés contre forts; ce qui n'est qu'une simple affaire de longueur, le renversement et la dislocation de l'ouvrage sont impossibles.

De plus, des fissures du barrage proprement dit, l'eau peut s'en écouler avec la plus grande facilité, par des trous d'échappement *a, a, a (fig. 2 et 3)*, sans exercer la moindre pression sur la maçonnerie et sans la dégrader. Les pieds-droits, suivant la nature du terrain, peuvent avoir, en longueur, 3, 4 et même 6 fois la hauteur maximum du barrage au point considéré; ils peuvent être fortement ancrés à grande profondeur dans le sol et défier tout mouvement de glissement.

L'eau d'infiltration peut s'écouler à travers les fissures, crevasses, lézardes et fentes comme entre les pieds-droits, sans compromettre la solidité de l'ouvrage et par des caniveaux disposés à cet effet.

Le cube de maçonnerie peut être réduit au minimum.

Dans le cas des très grandes hauteurs, les cintres peuvent être renforcés comme l'indique le tracé ponctué additionnel A, B, C, figuré dans le troisième cintre, ces rouleaux viendront exercer leur poussée sur les contre-forts pieds droits, bien entendu, et ils peuvent être, de plus, drainés, de façon à écouler avec la plus grande facilité, l'eau d'infiltration, qui ne peut jamais produire de pressions et poussées fâcheuses. Pour éviter l'affouillement, le sol d'aval entre les contreforts doit être consolidé par un banc de béton, allant jusqu'à la roche, puis pavé ou dallé et bien jointoyé en ciment de Portland.

En un mot, un barrage composé d'une suite de cintres est à libre dilatation, la charge ou poussée de l'eau ne peut le disloquer, son infiltration, s'en écoulant à l'air libre, ne peut donner lieu à aucune pression produisant de la dislocation, d'où il suit que, si les matériaux et la qualité du ciment employés ne laissent rien à désirer, on peut considérer ce barrage comme inusable, si ses fondations sont bien faites, ce qui est la chose capitale ici comme pour la base de tout édifice durable.

ÉTUDES DE CHAUDRONNERIE

PAR

Ch. FREMONT

1° Étude sur les avaries de certaines chaudières dans la région des rivures.

Dans un article des *Annales des Mines* paru en septembre 1896 (1) M. Walckenaer, Ingénieur au corps des Mines, a signalé de curieuses avaries qui se produisent parfois le long des rivures de chaudières. Ces avaries paraissent avoir déterminé plusieurs explosions très graves; il importe donc au plus haut degré d'en préciser les causes, afin d'en prévenir le retour.

J'ai eu récemment occasion de les observer sur deux chaudières, dont l'une venait de faire explosion; pour l'autre, on s'en était aperçu chez le constructeur avant la livraison.

En raison de l'importance du sujet, je crois devoir ajouter aux études antérieures les observations et expériences que j'ai pu faire sur ces deux chaudières. On ne saurait trop attirer sur ce genre de danger l'attention des constructeurs et des usagers d'appareils à vapeur.

Je résume d'abord les considérations présentées par M. Walckenaer.

« Le long d'une rivure, dit-il, la ligne théorique de moindre résistance passe par les trous de rivets. Cependant, à la suite de plusieurs accidents où des bouilleurs de chaudières se sont ouverts le long de leurs rivures longitudinales, on a constaté que la déchirure, dans sa partie initiale et caractéristique, avait affecté l'une des tôles non suivant cette ligne, mais suivant une ligne parallèle, entre les trous de rivets et la ligne d'appui du matage de l'autre tôle » *(fig. 1)*.

M. Walckenaer cite avec détails trois cas de ce genre, observés à la suite d'explosions qui se sont produites à Roubaix, à Boulogne-sur-Seine et à Quincy. Dans les trois cas, les lèvres de la plaie, situées le long d'une rivure longitudinale de bouilleur,

(1) *Annales des Mines*, 9e série, tome X, p. 367 et suivantes.

montraient une cassure ancienne; et le mémoire précise, au moins pour les deux premiers accidents, que la fissure s'était développée à partir de la face extérieure de la tôle intérieure de l'assemblage, de telle sorte qu'une semblable avarie demeure invisible tant qu'elle n'a pas traversé toute l'épaisseur de la tôle, masquée qu'elle est par le recouvrement de la tôle extérieure.

Dans deux cas sur trois (Boulogne et Quincy), la tôle était de mauvaise qualité. Elle avait été employée *en long*, c'est-à-dire que le sens principal du laminage était parallèle à l'axe longitudinal du bouilleur; ce sont donc les qualités présentées par la tôle *en travers* que nous avons à considérer au point de vue de la formation de l'avarie qui nous occupe. Or, en travers, la tôle de Boulogne, essayée après l'explosion, a donné des allongements variant de 1,15 0/0 environ à 2,66, ce dernier chiffre étant relatif à une éprouvette qui avait été recuite au rouge vif et refroidie lentement; celle de Quincy a donné des chiffres irréguliers, allant de 0,79 à 2,80 0/0 (éprouvettes non recuites). Les essais de pliage ont fourni également de mauvais résultats; enfin l'analyse chimique de la chaudière de Boulogne a accusé 0,31 0/0 de phosphore, de silicium et de soufre.

Voilà donc une première cause qu'il convient tout d'abord de mettre en relief, la mauvaise qualité de la tôle. Pourtant il semble que ce genre d'avarie puisse aussi parfois se développer dans des tôles de bonne qualité, car dans le premier des trois cas cités, celui de Roubaix, M. Olry, Ingénieur des mines, a constaté que la tôle donnait à l'essai 36 *kg* de résistance par millimètre carré et 13 0/0 d'allongement en long, 34 *kg* de résistance par millimètre carré et 11 0/0 d'allongement en travers; elle portait la marque Anzin n° 5 (1).

« Seulement, dit M. Walckenaer, la chaudière, construite en 1876, l'avait été par un chaudronnier qui ne possédait pas de four à chauffer les tôles, et qui avait fait le cintrage soit à froid, soit à la forge, ce qui a dû favoriser la formation de criques; puis une fuite à cette rivure s'étant manifestée quelques mois avant l'explosion, on avait cherché à y remédier par un matage sur les rivets et le long d'un chanfrein pratiqué à cet effet sur 70 *cm* de développement; cette opération avait dû être renouvelée à plusieurs reprises. La rupture s'est produite sur l'étendue correspondant au chanfrein, et un peu au delà des deux côtés. »

(1) *Annales des Mines*, 8e série, tome VIII, p. 473 et suivantes.

Ainsi, pour la chaudière en bonne tôle, deux causes sont indiquées : mauvaises conditions du cintrage, et matages répétés. Va-t-on retrouver les mêmes circonstances pour concourir, avec la mauvaise qualité des tôles, à la formation des fissures dans les deux autres cas? Oui pour Quincy. « Dans le cas de Quincy, dit M. Walckenaer, l'origine des fissures a pu tenir, comme à Roubaix, aux conditions du cintrage, opéré sur des tôles chauffées par des procédés imparfaits, dans un atelier ne possédant pas de four pour cet usage ; » d'autre part, un matage avait eu lieu, pour arrêter une fuite, deux mois avant l'explosion.

Pour ce qui est de la chaudière de Boulogne, « le cintrage, écrit M. Walckenaer, avait été, *semble-t-il*, opéré par des procédés convenables. » Je crois savoir que cette indication repose simplement sur ce qui a été dit à M. Walckenaer, dans l'établissement où la chaudière avait été construite, que le cintrage avait été opéré après chauffage au four. Quant au matage, il ne paraît en avoir été fait aucun, sur cette chaudière, postérieurement à sa construction. Mais M. Walckenaer, sans s'attacher davantage à la question du cintrage, admet que l'amorce de fissuration a été produite, dans cette tôle de mauvaise qualité, par l'action du matage opéré lors de la construction même. Il croit trouver la preuve que ce matage avait été fait d'une façon vicieuse et capable d'amener la fissuration, dans ce fait que le bord extrême de la tôle matée était recourbée en un bec saillant, « qui pressait, dit-il, l'autre feuille métallique d'une manière locale et intense, tandis que, en arrière de ce bec, il se produisait un bâillement entre les deux tôles. »

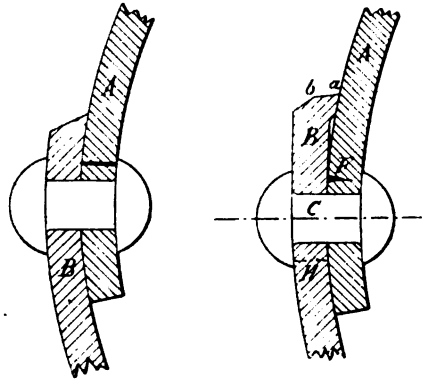


Fig. 1. Fig. 2.

Emplacements des déchirures.

Je ne pense pas que ce soit la pression du bec qui puisse, par elle-même, endommager la tôle adjacente. Si ce bec agissait à la façon d'un coin introduit entre les deux tôles *(fig. 2)*, il repousserait avec autant de force la tôle B à laquelle il appartient que la tôle A adjacente, et ce serait la tôle B, la moins maintenue des deux, qui tendrait à casser suivant la ligne des rivets. Le dessin qui

figure au mémoire de M. Walckenaer ne permet pas d'apprécier en détail la forme du bec dont il parle : mais la photographie ci-jointe *(fig. 3)*, montre, pour l'une des chaudières dont j'ai été à même d'étudier l'avarie, une coupe faite par l'axe d'un rivet à l'endroit où le bec de matage était le plus accentué : ce bec n'a pas une résistance bien considérable ; sur certains points même il se trouvait brisé comme le montre en *a* la *fig. 4*, et là, il ne pouvait exercer de pression.

Ce qui est possible, et ce qui fait, d'ailleurs, comme la suite du texte le montre, le fond de la pensée de M. Walckenaer, c'est qu'un matage exagéré, brutal, dirigé sous une incidence plus ou

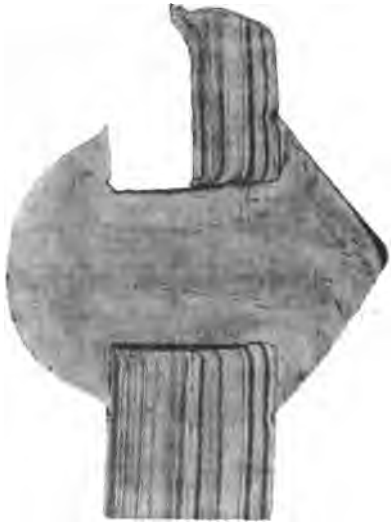


Fig. 3. — Coupe du bec de matage.

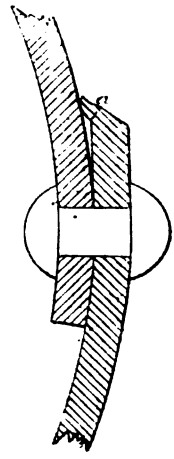


Fig. 4. — Rupture du bec de matage.

moins voisine de la normale à la tôle A, puisse, en même temps qu'il produit le bec en ramenant le bord de l'une des tôles au contact de l'autre, endommager celle-ci. Je suis loin de nier l'influence funeste que peuvent en certains cas avoir les matages, et j'y reviendrai plus loin. Mais la cause d'amorce de fissure sur laquelle je voudrais insister, c'est le cintrage. Lorsqu'il s'agit, comme dans les cas cités, d'avaries situées le long des rivures longitudinales, il résulte à mon sens des observations que j'ai faites, que l'opération du cintrage, effectuée par les moyens ordinaires de la pratique, et surtout s'il s'agit d'une tôle de qualité

FIG. 5. FIG. 6. FIG. 7.

Les trois faces de la tôle à l'emplacement de la déchirure initiale.

médiocre, est la première et principale cause capable d'amorcer les fissurations (1)

Mes observations, comme je l'ai déjà dit, ont porté sur deux chaudières. L'une d'elles avait fait explosion. Les photographies *(fig. 5, 6 et 7)* montrent trois faces du fragment correspondant au point de départ de la déchirure : la première représente la surface extérieure de la tôle, la deuxième fait voir la cassure ; enfin la surface intérieure de la tôle est observable sur la troisième.

Sur la figure 5, on remarque des piqûres profondes indiquant une surface abîmée par le chauffage au four.

La cassure à laquelle correspond la figure 6 montrait primitivement une fissure préexistante intéressant une partie de l'épaisseur du métal ; la photographie, faite longtemps après l'explosion, n'a pu donner cette indication intéressante, parce que la cassure sur laquelle on avait fait des attaques à l'acide, s'était ensuite rapidement oxydée.

Enfin la surface intérieure *(fig. 7)*, laisse voir des empreintes déterminées manifestement par les coups de marteau tranchant lors des détartrages.

Les tôles employées à la confection de cette chaudière étaient de la qualité dite n° 2 améliorée ; elles étaient très hétérogènes. Aux essais à la traction opérés après l'accident, elles ont donné généralement :

	Résistance en kilogrammes, par millimètre carré.	Allongement p. 100.
En long . . .	34,5	De 3,5 à 8,1
En travers . .	32	De 2 à 3,7

Un essai de pliage avec enregistrement a donné le diagramme

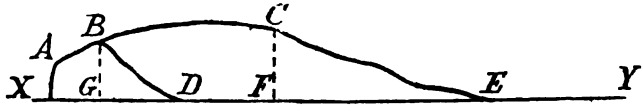


FIG. 8. — Diagrammes d'essais de pliage.

ABD *(fig. 8)*, pendant qu'un essai semblable effectué sur une tôle de qualité n° 5 donnait le diagramme ABCE.

Ces tôles manquaient donc de ductilité. Cependant, au poin-

(1) M. Walckenaer cite, à la fin de son mémoire, une explosion survenue à Bayonne, où l'on trouvait une déchirure produite dans une rivure longitudinale, en dehors des trous de rivets, mais, cette fois, dans la tôle extérieure de l'assemblage. Il présume dans ce cas que la question du matage n'a pas à intervenir, et parle d'incrustations et de surchauffe ; n'y a-t-il pas eu action du cintrage ?

çonnage, elles se sont très bien comportées, car elles n'ont pas criqué quoique le trou ait été poinçonné assez près du bord de l'éprouvette, en employant une matrice qui laissait passer le poinçon avec un jeu minimum. La figure 9 représente cet essai de poinçonnage.

L'analyse chimique m'a donné :

Phosphore	0,30 0/0
Manganèse	0,12
Carbone	0,05
Oxyde de fer et scories	2,10

La qualité de ces tôles est très analogue à celle des tôles qui ont donné lieu à deux des trois explosions étudiées par M. Walckenaer (Boulogne et Quincy); évidemment elles diffèrent beaucoup de la qualité Anzin n° 5 trouvée à Roubaix. Elles sont à coup sûr d'une qualité inférieure à ce que l'on devrait employer dans la construction des chaudières. Mais cette remarque, tout importante qu'elle est, ne nous dispense pas de rechercher quelle action particulière a déterminé l'amorce de fissuration, car il y a malheureusement beaucoup de chaudières construites en tôles du même genre et nous sommes en présence d'une avarie dont il faut expliquer le mécanisme spécial.

Fig. 9. — Essai de poinçonnage.

Fig. 10. — Machine à cintrer les tôles.

C'est ici qu'à mon sens, comme je l'ai dit, il faut faire intervenir l'action du cintrage.

Pour donner à une tôle la forme de virole, on la cintre d'habitude sur une machine-outil *(fig. 10)* composée de trois cylindres horizontaux : les deux cylindres inférieurs ont leurs axes fixes; le troisième placé au milieu et au-dessus des deux premiers peut se déplacer verticalement de façon à faire varier à volonté la courbure à donner à la tôle.

Le cintrage se produit dans la région voisine du cylindre supérieur, celui-ci faisant fléchir la tôle reposant sur les deux appuis constitués par les deux autres cylindres.

Si la tôle, au moment où on l'engage sous les cylindres, a la courbure voulue dans la règion *ab* de l'extrémité antérieure comprise entre les cylindres A et C, de même que dans la partie correspondante de l'extrémité postérieure, cette courbure se continuera régulièrement par la mise en mouvement des cylindres, chaque élément subissant successivement une déformation progressive par flexion jusqu'à ce que l'extrémité postérieure soit sur le point d'abandonner le cylindre B.

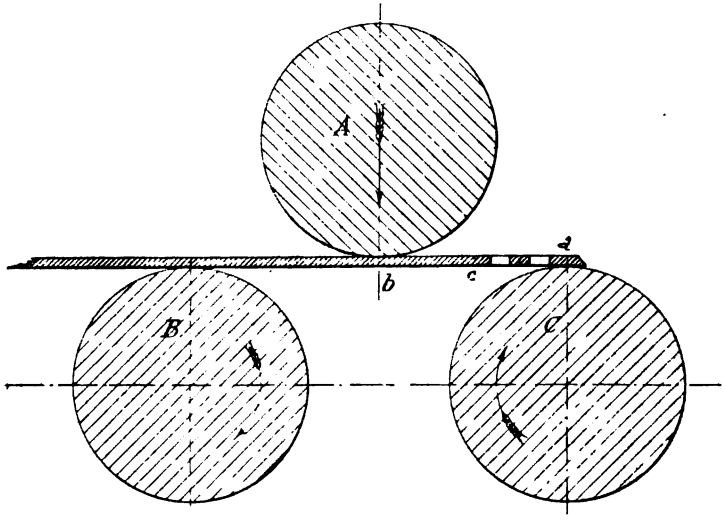


Fig. 11. — Cintrage de la tôle.

Mais la machine ne peut cintrer ces extrémités de longueur *ab* car elle n'agit par flexion en *b* que quand le bord a touché le cylindre C. Il faut donc effectuer ces cintrages d'une façon toute spéciale au commencement de l'opération ; on soulève alors le cylindre A de façon à engager dans la machine la tôle plane, le bord *a* venant au contact avec le cylindre C, puis on abaisse ce cylindre A de façon à exercer sur la tôle une pression suffisante pour la maintenir bien appuyée sur les cylindres B et C *(fig. 11)*. A coups de marteaux à devant, les ouvriers feront ensuite ployer la tôle, les deux cylindres B et C servant d'enclume et on abaissera progressivement le cylindre A pour continuer à maintenir la tôle appuyée au fur et à mesure que la courbure se produira.

On devrait rechercher une courbure aussi régulière que possible en provoquant une déformation de tous les éléments successifs, absolument analogue à celle que déterminera la machine dans les autres régions.

Mais deux causes vont s'y opposer : 1° les coups de marteau sont gênés par la présence des cylindres A et C. On ne peut évidemment pas atteindre la région voisine de A. D'autre part, la flexion ne saurait se produire que par des coups en porte à faux. Si on frappait exactement au-dessus de C, la tôle serait comprimée, mais ne se cintrerait pas, il faut forcément frapper en dehors et à une certaine distance, car, si on agissait trop près, il faudrait, pour produire la déformation, des coups trop violents. Les ouvriers sont ainsi amenés à frapper dans la région C à peu près au milieu de *ab* ; 2° la feuille, au moment du cintrage, est le plus souvent poinçonnée de tous ses trous et chanfreinée car, après le cintrage, ces opérations ne pourraient plus être effectuées d'une façon aussi économique : la déformation provoquée par les coups de marteau affectant les régions les moins résistantes, aura lieu principalement suivant les lignes de rivets ; l'extrémité de la tôle située dans la région *a* entre le bord et la ligne des rivets (qui est à 40 *mm* environ du chanfrein), ne saurait être cintrée et elle reste forcément tangente au cercle que va former la virole.

Le cintrage commence donc en réalité dans la région des trous poinçonnés.

Or, nous savons que le poinçonnage écrouit le métal dans une petite zone et, quelquefois, fait naître des fissures.

S'il y a une fissure, le coup de marteau ne peut que l'augmenter, s'il n'y a pas de fissure, le coup de marteau agissant sur l'emplacement d'un trou pourra facilement créer la fissure soit par l'axe du trou, soit tangentiellement à la zone écrouie.

On remarque, en outre, que l'ouvrier, après avoir déformé la tôle dans le voisinage des trous de poinçon voulant la courber dans la région qui est située au delà de ces points faibles, ne pourra y parvenir qu'en appuyant sur le cylindre C cette région affaiblie et donnant de violents coups de marteau en *d* d'autant plus violents qu'il frappera plus près du cylindre C.

Dans les tôles non ductiles comme il s'en rencontre souvent dans les n^{os} 2 et 3 et même dans le n° 4, tôles aigres, cassantes, très hétérogènes, le coup de marteau pourra ainsi faire naître la fissure en plein métal, ce qui explique qu'on trouve après explo-

sion des fissures préexistantes situées en dehors de la ligne des trous de rivets.

Le cintrage à la machine agissant régulièrement sur les section

Fig. 12. — Intérieur d'une virole portant les traces des coups de marteau.

successives, ne demande en chaque point qu'une faible déformation et produit rarement des déchirures, alors que le cintrage à coups de marteau provoque des déformations essentiellement lo-

cales, dangereuses avec un métal hétérogène surtout lorsqu'elles sont très intenses.

Ces fissures produites sont toujours situées du côté extérieur de la virole, l'ouvrier ne peut donc pas les voir pendant le travail du martelage qu'il effectue pour amorcer le cintrage ; plus tard, le rivetage diminuera les fissures en resserrant les tôles et, enfin, la rouille achèvera de les dissimuler.

Il est très rare de rencontrer ces fissures dans les tôles de bonne qualité, cependant cela n'est pas impossible et je pense que c'était le cas pour la chaudière de Roubaix étudiée par M. Olry.

J'ai pu vérifier la formation de ces fissures sous l'effet du coup de marteau, dans l'examen de la seconde chaudière dont j'ai parlé et qui était encore en fabrication chez le constructeur.

La figure 12 montre l'intérieur de la virole à l'endroit de l'assemblage ; on aperçoit la trace des coups de marteau qui ont été donnés pour amorcer le cintrage, on voit combien la distribution de ces coups est irrégulière ; l'empreinte est aussi elle-même le plus souvent, très irrégulière, son apparence cunéiforme montre que le marteau ne frappant pas d'aplomb, son angle s'est imprimé dans le métal, répartissant ainsi l'effet du choc sur une plus petite surface.

La figure 13 représentant en vraie grandeur une partie de l'extérieur de la virole, montre des fissures, les unes voisines des trous, les autres situées en plein métal.

On voit *(fig. 14)*, à la même échelle, l'autre face du même morceau de tôle, après l'enlèvement des rivets effectué très soigneusement, on y aperçoit très nettement la trace profonde des coups de marteau.

Or si, à l'aide d'une feuille de papier à calquer *(fig. 15)*, on relève d'abord les figures constatées sur la photographie *(fig. 13)*, avec la position relative des têtes de rivets et qu'ensuite, retournant la feuille de papier à calquer, on la reporte sur la photographie *(fig. 14)*, en ayant soin de faire coïncider les trous des rivets avec le tracé précédent des têtes, on constate immédiatement que les fissures correspondent exactement aux empreintes des coups de marteau. Cette constatation semble bien fournir un argument tout à fait décisif.

Cette tôle vendue comme qualité n° 3, est assez semblable à celle de la première chaudière que j'ai observée.

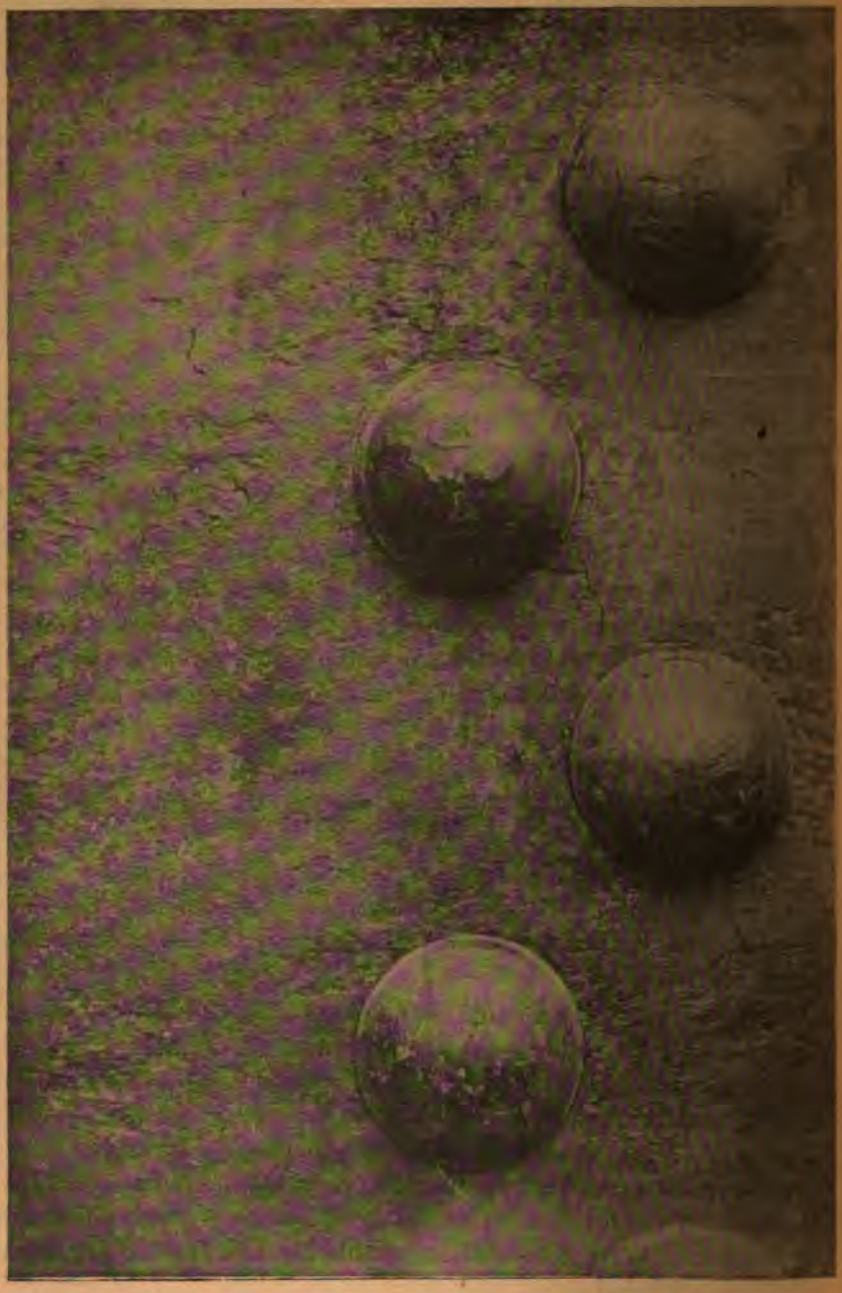


Fig. 13. — Traces des fissures (partie extérieure de la virole).

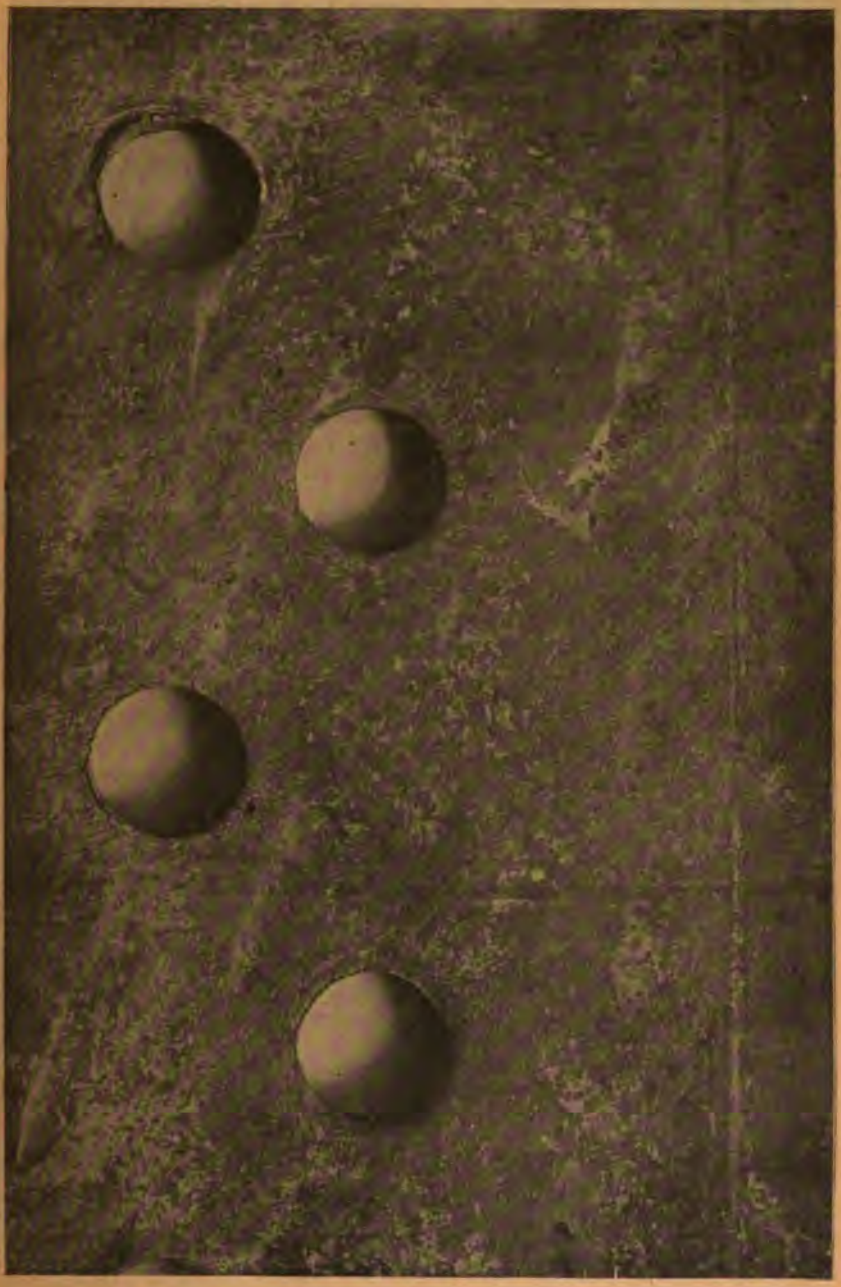


Fig. 14. — Empreintes des coups de marteau (partie intérieure de la virole).

Elle a donné aux essais à la traction :

	Résistance en kilogr. par millim. carré.	Allongement pour 100.
	—	—
En long.	22,300 *kg*	0,50
En travers.	29 à 30 *kg*	1,25 et 2,50

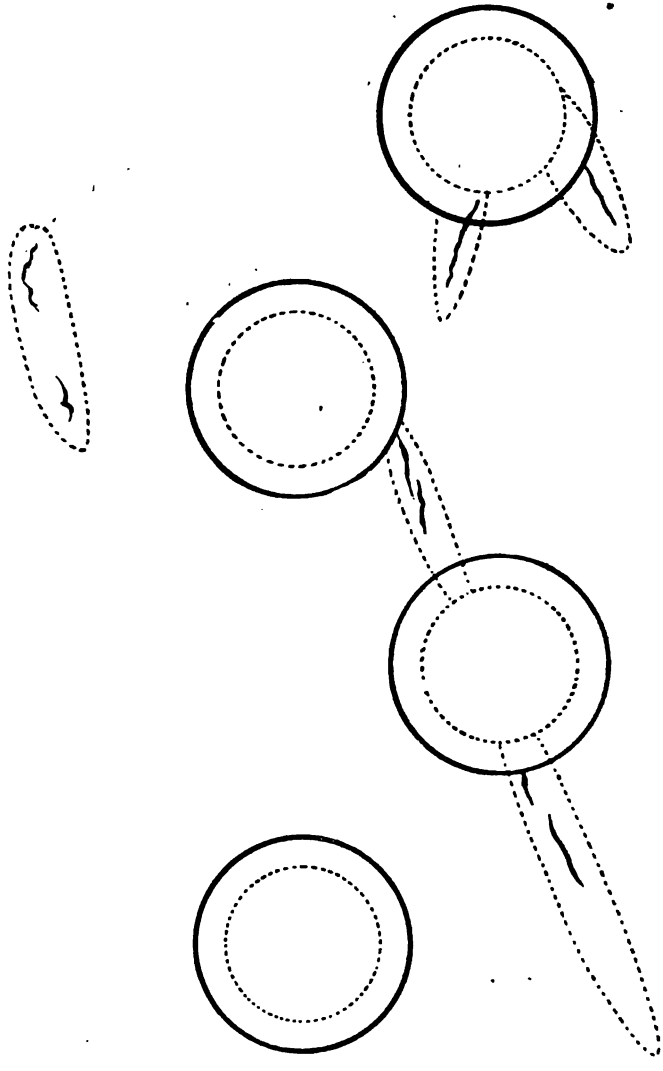


Fig. 15. — Superposition des fissures et des empreintes des coups de marteau montrant leur correspondance.

La figure 16 montre des cassures des trois éprouvettes ayant servi à effectuer ces essais à la traction.

On remarque que l'éprouvette en long a été très inférieure

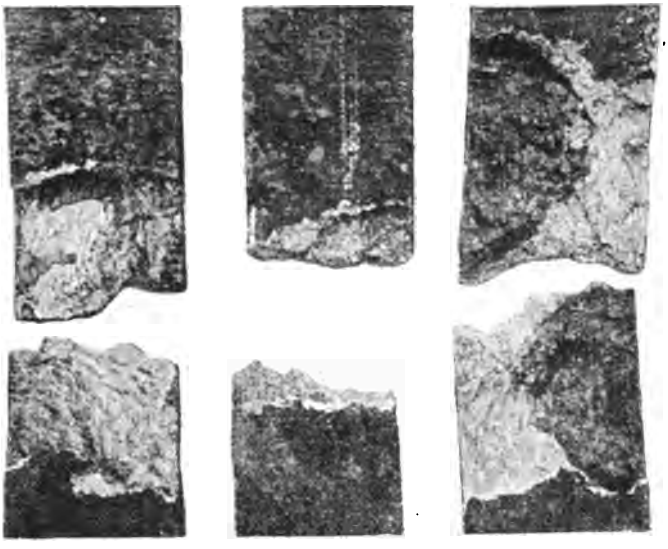


Fig. 16. — Cassures des éprouvettes de traction.

comme résistance et comme allongement aux deux éprouvettes prises dans le travers de la tôle.

Les figures 17 et 18 représentent le morceau de tôle des figures 13 et 14 que l'on a ployé jusqu'à rupture ; on voit la texture du métal, les fissures préexistantes contiguës aux trous et les fissures survenues en plein métal.

En somme, cette tôle de fer était très hétérogène et manquait de ductilité.

A l'intérieur, de grandes surfaces non soudées restaient séparées par des lits de scories.

L'analyse chimique m'a donné du phosphore en assez grande quantité et des traces de manganèse.

La cause des fissures paraissant ainsi nettement établie, il reste à expliquer l'origine du bec de matage.

On a vu qu'au cintrage de la virole, la pince n'ayant pas de courbure restait toujours tangente au cercle. Au rivetage, le bord de la pince s'écarte forcément de la tôle voisine *(fig. 21)*, l'ouvrier mate fortement pour ramener le bord de la pince à porter

sur la tôle voisine et n'obtient ce résultat que par la formation du bec incriminé.

Plus tard, lorsqu'une telle chaudière est en service, la fissure préexistante qui n'intéressait qu'une partie de l'épaisseur de la tôle, va s'aggravant peu à peu, comme l'indique fort bien M. Walckenaer (page 383) : « par l'effet des flexions auxquelles est sujet le voisinage des rivures, et par celui des contractions et des dilatations inégales. Il est à remarquer que, de toutes les parties d'une chaudière à bouilleurs, c'est l'avant des bouilleurs qui est plus spécialement exposé aux changements brusques de températures, il est donc naturel que des amorces de criques, dues tout d'abord à des causes qui ne sont pas exclusivement spéciales aux viroles antérieures des bouilleurs se développent particulièrement le long des rivures de ces viroles », d'où l'uniformité d'emplacement des avaries signalées par M. Walckenaer.

FIG. 20.

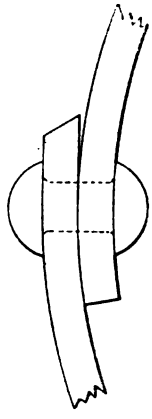


FIG. 21.

Origine du bec de matage.

A Quincy, la chaudière a fait explosion trois ans après sa mise en service ;

A Boulogne, la chaudière a fait explosion huit ans après sa mise en service.

M. Walckenaer cite même, à la fin de son mémoire, une explosion survenue au Pouzin, dont l'origine est rapportée à une fissuration ancienne du même genre et qui, lorsqu'elle a sauté, n'avait pas moins de trente ans d'âge.

Un long service n'est donc pas une garantie contre les avaries qui nous occupent.

Lorsqu'une chaudière en service présentera une fuite importante, quand le passage de la vapeur se fera par une des fissures dont nous parlons, l'ouvrier chaudronnier appelé pour la réparation, ignorant une avarie de ce genre sur laquelle son attention n'est pas appelée, croira avoir affaire à une fuite par les rivets, ce qui est le plus ordinaire et il matera plus que jamais les rivets et la pince, espérant aveugler la fuite ; et, en effet, si l'on considère la figure 19 qui est la photographie faite par l'axe des rivets

de la chaudière explosée que j'ai examinée, on voit combien la fabrication courante a besoin du matage pour empêcher les fuites.

Ce matage effectué plus ou moins dans le voisinage de la fissure amènera des vibrations et un ébranlement local qui pourra provoquer la rupture définitive.

De ces fissures, les unes, celles des tôles dont le recouvrement est à l'intérieur, ne seront plus visibles, même chez le constructeur, après assemblage de la chaudière ; les autres, à peine visibles, échapperont souvent aux visites périodiques intérieures ou extérieures, visites toujours plus délicates et moins sûres que les examens à l'atelier, quel que soit le soin minutieux qu'un ouvrier habile pourra y apporter.

L'enlèvement de un ou de plusieurs rivets ne décèlera pas cette fissure d'une manière certaine, la fissure pouvant très bien passer en dehors des rivets ou ne pas passer par les trous des rivets enlevés ; enfin, un essai de pression à froid à la pompe n'accusera pas de fuite si la fissure ne traverse pas toute la tôle ; mais, même alors pour les tôles à recouvrement intérieur, elle ne différenciera pas la fuite par les trous de rivets ou par le joint des tôles de la fuite par fissure préexistante ; on verra, dans le joint, un défaut d'étanchéité et on le corrigera comme d'habitude par le matage.

L'étude minutieuse de ces défectuosités que l'on est exposé à rencontrer dans les chaudières de fabrication courante, appelle l'attention sur la qualité des métaux employés et les moyens de la vérifier *dans tous les ateliers*. Quelques faits signalés dans ce qui précède montrent que le cintrage, le poinçonnage sont souvent défectueux ; il en est souvent de même du rivetage.

L'amélioration de qualité des chaudières doit être recherchée à chacun de ces points de vue. Je les examinerai successivement.

2° Essai des métaux.

Procédés actuellement usités.

L'essai des métaux dans un atelier de chaudronnerie comporte deux parties distinctes : l'essai du métal avant son emploi, sous forme de tôle, de cornière, etc. et l'essai du métal de la pièce terminée, quand le métal a subi les transformations l'amenant à sa forme définitive.

Il faut, en effet, savoir si le métal qu'on se propose de transformer est d'une qualité suffisante et ensuite si la fabrication subséquente a été convenablement conduite sans détériorer la qualité primitive.

Indépendamment de ces essais sur la qualité du métal, l'essai de la pièce terminée pour être effectué dans son ensemble demande pour chaque cas une méthode spéciale, un tube ne peut être essayé comme une chaîne et chaque méthode nécessite diverses variantes, suivant les conditions à remplir.

Je ne m'occuperai ici que de l'essai du métal proprement dit.

Au dernier congrès tenu à Stockholm en 1897 par l'association internationale pour l'essai des métaux, un Ingénieur des plus compétents, M. W. Ast, directeur technique du chemin de fer du Nord de l'Autriche, s'exprimait ainsi :

« Nous assistons, depuis quelque vingt ans, à un mouvement général de civilisation que nul ne pouvait prévoir : or ce mouvement nécessite, pour la construction et pour les machines, la production de quantités énormes de fer et d'acier.

» Nous voyons que le trafic plus intense de tous les moyens de communication exige aussi un surcroît de résistance de ces matériaux de construction.

» Nous voyons, comme corollaire de ces phénomènes, de grands progrès dans la fabrication et les procédés divers, lesquels ont dû s'adapter aux exigences de la production en masse et aux progrès de la qualité des matériaux.

» Nous remarquons un effort extraordinaire du monde technique pour accroître notre connaissance de ces métaux, de leurs propriétés physiques et chimiques, et la façon dont ils se comportent à l'usage.

» D'autre part, nous sommes frappés de constater que, malgré l'admirable développement de la production et des applications de ces métaux, malgré les progrès de la science métallurgique, *les prescriptions aujourd'hui en vigueur sur le contrôle et la réception de l'acier et du fer ne sont point à la hauteur de nos notions modernes, et que les règles admises pour la prise de livraison ne satisfont, presque partout, ni le producteur, ni le consommateur.* »

Voyons donc quelles sont les méthodes d'essai actuelles et quels sont leurs inconvénients.

« 1° *Traction* (1). — La méthode d'essai la plus répandue consiste à mesurer les charges de rupture et les allongements d'éprouvettes calibrées.

» Le grand succès de cette méthode tient sans doute à ce qu'on peut la définir exactement dans un cahier des charges, et à ce que chaque essai donne un résultat numérique précis. Malheureusement *cette précision n'est qu'apparente*, car les résultats donnés par diverses éprouvettes découpées dans une même pièce présentent souvent des écarts notables; en outre, la méthode est *longue et coûteuse;* enfin, dernier inconvénient, bien grave, certains aciers donnent aux essais de traction des résultats conformes aux exigences des spécifications les plus sévères et néanmoins n'offrent *aucune sécurité à l'emploi.* »

La méthode d'essai par traction est *longue et coûteuse*, car elle exige une grande quantité de métal et des frais d'ajustage, de préparation et de traction de chaque éprouvette, aussi, par raison d'économie, l'industrie n'en fait guère usage que lorsqu'elle y est contrainte par des clauses de cahier des charges d'une exécution obligatoire.

Le prix de revient des éprouvettes est d'autant plus élevé qu'on les prépare par petites quantités, ce qui est le cas ordinaire dès qu'on sort des ateliers les plus importants.

Actuellement, une seule épreuve de traction revient à peu près à 20 *f*, et ce chiffre ne doit pas étonner si l'on pense que les frais d'essai à la machine à essayer sont déjà de 10 à 12 *f*.

Il est bien évident que la confection et l'essai d'une série d'éprouvettes abaissent très sensiblement ce prix et que l'usage constant des machines à essayer dans les grandes usines qui les possèdent, permet de le réduire beaucoup; sans avoir de renseignements très précis sur ce prix, je crois que, même dans ce cas, il ne doit pas être inférieur à 5 *f*.

Or, il est bien évident que, même à ce prix minimum, on regarde toujours à multiplier les essais et cependant il est admis par tous les spécialistes que, dans les constructions d'œuvres dont la rupture peut provoquer des accidents graves, chaque barre de métal ou chaque feuille de tôle doit être essayée dans ses diverses parties; en effet, une seule partie défectueuse dans une tôle de chaudière peut occasionner une explosion, un seul rail brisé peut produire un déraillement, etc.

(1) M. Tolmer : *Essais de l'acier par poinçonnage. Revue générale des chemins de fer*, septembre 1894.

La méthode d'essai par traction *manque de précision*, il est constant qu'elle ne répond pas souvent aux sacrifices qu'elle exige, les résultats qu'elle apporte n'ayant jamais la valeur absolue qu'on voudrait lui attribuer, ni au point de vue de la résistance observée, ni surtout à celui de l'allongement.

La résistance présente des variations importantes pouvant atteindre 15 à 20 0/0 dans toute l'étendue de la longueur utile d'une même éprouvette.

Les allongements partiels, relevés après rupture sur des éprouvettes de différents tracés, donnent des variations plus accentuées encore.

Ces différences résultent nécessairement de l'hétérogénéité du métal, car l'allongement ne fait que manifester la désagrégation souvent irrégulière du métal constituant les barreaux rompus; cette désagrégation est plus ou moins générale, plus ou moins localisée et il est difficile d'y voir un élément caractéristique de la qualité.

La méthode d'essai par traction est *incomplète* comme méthode de recette, ne renseignant pas sur la *fragilité*, c'est-à-dire sur la propriété de résister plus ou moins aux actions brusques, chocs, etc., produisant la rupture ou une déformation permanente.

Il me suffit de rappeler quelques exemples cités par M. Lebasteur (1).

« Certains fers provenant du district industriel des Ardennes, ayant été essayés par traction, ont donné les résultats suivants :

Premier échantillon. — Résistance par millimètre carré. 48 *kg*
Allongement 14 0/0
Deuxième échantillon. — Résistance par millimètre carré. 72 *kg*
Allongement 20 0/0

» Ces fers de forge présentaient une grande ductilité à froid, les barres se ployaient parfaitement au marteau sans se criquer; mais si l'on pratiquait au burin une très légère incision à la surface d'une barre, elle se brisait net en cet endroit, sous un coup de marteau modéré : le métal quoique ductile, était donc *fragile* sous les chocs. »

Ce fait était déjà signalé par Lowthian Bell, le Jern Kontor de Suède. Aussi M. Lebasteur concluait avec ces expérimentateurs :

« Il est impossible de parvenir à des résultats complets sur la force des matériaux sans des épreuves au choc. »

(1) H. Lebasteur : *Les métaux à l'exposition de 1878*, p. 8.

2° *Pliage.* — Dans les essais mécaniques des métaux, on considère habituellement trois éléments indépendants, que l'on mesure séparément : la ténacité, la ductilité et la fragilité, ces mesures réitérées en différents points d'une pièce donnent, par leur comparaison, la valeur de l'homogénéité du métal.

La ténacité est indiquée, dans l'essai de traction, par la résistance rapportée au millimètre carré de la section primitive de l'éprouvette.

La ductilité est mesurée par l'allongement, mais la pratique ayant démontré la médiocrité de ce procédé, on a proposé de le remplacer ou de le compléter par l'essai de pliage.

L'usage du pliage est universel, il consiste à déformer l'éprouvette en déterminant un pli initial sur une arête de faible rayon et en agissant sur les deux branches rectilignes pour les rapprocher sans les cintrer.

Le cintrage est un pliage opéré sur mandrin d'un certain diamètre, le courbage est un cintrage effectué sur une barrette libre sans appui (1).

Le cintrage et le courbage sont des opérations de pliage affectant des points voisins sur toute la longueur de l'éprouvette. Ces deux procédés doivent être délaissés en tant que méthode générale et réservés pour des essais spéciaux.

L'essai de pliage indiqué dans un certain nombre de cahiers des charges est employé principalement pour les fers qui doivent présenter avant l'apparition des criques, un certain angle de pliage. Avec les aciers doux, le pliage réussit à peu près toujours, du moins avec les épaisseurs usitées pour les tôles. Cette épreuve s'est alors transformée peu à peu en une épreuve de ductilité après trempe qui ne présente évidemment qu'un rapport très indirect avec la ductilité du métal proprement dit.

L'artillerie russe (2) à la suite des recherches de M. Korobkoff, chef de l'Arsenal de Saint-Pétersbourg, détermine la qualité des métaux en considérant la résistance à la traction comme valeur de la ténacité et l'*allongement au pliage* comme mesure de la ductilité.

« D'après les instructions données par la direction de l'artillerie russe, l'allongement des pièces soumises à la flexion, mesuré sur la face extérieure *au commencement de la rupture*, constitue

(1) *Commission des méthodes d'essai*, tome III, p. 312.

(2) Rapport de M. Bélélubsky : *Sur la détermination rationnelle de la ténacité et de la flexibilité des métaux.* Baumaterialienkunde, n° 19, 1897, p. 287.

une mesure beaucoup plus précise que l'allongement total des éprouvettes dans les essais de traction. »

Le procédé employé à l'arsenal russe, pour effectuer le pliage, n'est pas décrit dans le mémoire, mais les figures qui l'accompagnent semblent indiquer que c'est en opérant à coups de marteau sur l'extrémité libre de l'éprouvette essayée que la flexion est obtenue.

Or, il n'est pas douteux que, dans des essais de recette des métaux, le procédé doit être mécanique et indépendant de l'habileté de l'opérateur.

De plus, en spécifiant que la mesure doit être prise au *commencement de la rupture* ou à l'*apparition de fissures*, il y a incertitude ; ces phénomènes n'étant pas nettement définis, la mesure est laissée à l'appréciation arbitraire de l'opérateur.

Ainsi, une éprouvette d'acier au nickel d'une très grande ductilité pourra présenter, dès le début du pliage, des commencements de fissures, car souvent, dans cet acier, des fissures ou gerçures toutes superficielles apparaissent sur la paroi ; la mesure effectuée comme il vient d'être dit, donnera l'indication erronée d'une très faible ductilité. Par contre, une tôle de fer qui aura été fabriquée avec un paquet très médiocre, mais des couvertes de bonne qualité, ne laissera apparaître extérieurement des criques que longtemps après la naissance de ruptures internes ; la mesure, suivant la méthode indiquée, accusera une plus grande ductilité que n'en possède réellement cette tôle dans l'ensemble de son épaisseur.

Flexion par choc (1). — Ces essais ont lieu généralement avec un mouton de 18 *kg* tombant sur des barrettes carrées de 30×30 *mm*, appuyées sur des couteaux distants de 160 *mm*. Ils paraissent exclusivement réservés aux essais de moulage et surtout aux pièces de canons.

Le peu de développement qu'ils ont pris en dehors de ces fabrications spéciales, tient sans doute à la longueur de l'essai, la rupture étant provoquée par la chute de coups successifs du mouton tombant d'une même hauteur ou d'une hauteur augmentant graduellement.

Les aciers très doux peuvent d'ailleurs fréquemment se plier complètement sans rupture, l'essai habituel ne pourrait guère leur être appliqué.

(1) *Commission des méthodes d'essai*, tome II, p. 142 à 145.

Après avoir passé en revue ces principales méthodes d'essai usitées dans les cahiers des charges, on voit que toutes présentent des inconvénients.

Les plus graves sont le volume du métal employé qui empêche de faire porter les essais sur une région quelconque du métal après sa mise en œuvre et le prix de chaque essai qui empêche de les multiplier comme il conviendrait.

Les constructeurs, obligés de serrer de très près leur prix de revient, ne pourraient s'assurer convenablement par ces procédés de la valeur des métaux qu'ils emploient. La marine, l'artillerie, les grandes administrations, attachant avant tout le plus grand prix à la sécurité de leurs constructions peuvent seules supporter les frais de coûteux essais et encore en font-elles suffisamment et possèdent-elles, après les avoir faits, toutes les garanties désirables?

Méthodes proposées.

Les considérations qui précèdent m'ont amené à rechercher le moyen pour tout constructeur de multiplier ses essais même dans un petit atelier, en n'employant que des essais simples et peu coûteux permettant de vérifier, en un point quelconque arbitrairement choisi et en une foule de ces points, la qualité des matières employées.

Laissant de côté l'essai de traction proprement dit, j'ai repris l'essai de pliage en l'effectuant par une machine et en observant la rupture avec précision. Le meilleur moyen était d'enregistrer un diagramme de l'opération.

Le pliage (1) peut s'effectuer sur une poinçonneuse ordinaire d'atelier, en remplaçant :

1° Le poinçon cylindrique ordinaire par une sorte de coin P *(fig. 22)*, un peu plus large que l'éprouvette à essayer E.

2° La matrice circulaire habituelle par deux couteaux parallèles MM dont l'écartement variable est égal à l'épaisseur du coin-poinçon P, plus environ deux fois l'épaisseur de l'éprouvette E; on obtient ainsi un appareil de pliage simple et pratique ; il suffit d'arrondir suffisamment les extrémités des couteaux et du coin-poinçon pour ne pas entamer sensiblement le métal sous l'effet de la pression.

(1) *Communication à l'Académie des Sciences*, du 22 février 1897.

L'enregistrement de l'opération se fait à l'aide de l'élasticimètre dont j'ai indiqué précédemment la construction (1).

Dans le diagramme obtenu, les ordonnées mesurent l'écartement du bâti de la poinçonneuse sous l'effort nécessité pour effectuer le pliage, les abscisses représentent la course du poinçon amplifiée dans une certaine proportion.

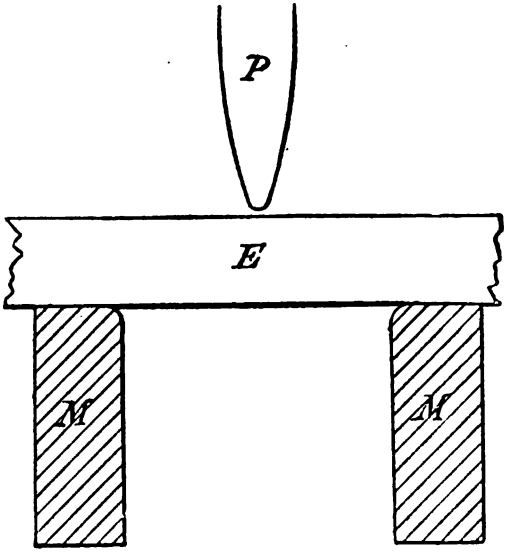


Fig. 22. — Pliage d'une éprouvette.

La figure 23 montre deux diagrammes superposés, résultant du pliage de deux tôles de même épaisseur provenant l'une de la chaudière explosée origine du présent mémoire et l'autre d'une chaudière de locomotive.

La première tôle a donné au pliage le diagramme ABD et la seconde le diagramme ABCE.

La figure 24 donne les diagrammes superposés de deux essais

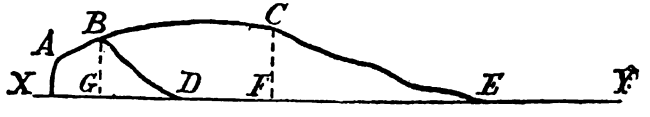


Fig. 23.

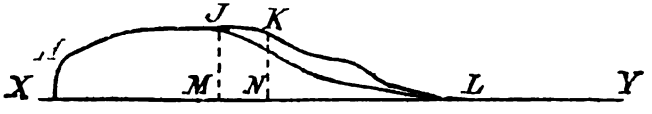


Fig. 24.

Diagrammes de pliage.

successifs en deux points différents de la tôle de la locomotive, pliée la première sur une face et la deuxième sur l'autre face.

(1) *Communication à l'Académie des Sciences*, du 10 décembre 1894.

Les couvertes qui ont servi à fabriquer cette tôle montrent, d'après ces essais des ductilités un peu différentes.

Dans un atelier de chaudronnerie, on pourrait établir une fois pour toutes des diagrammes types, en opérant sur des tôles d'épaisseurs courantes et de qualité bien connues et dans la pratique comparer à ces diagrammes ceux que fourniraient les diverses tôles entrant successivement dans la fabrication.

Ce procédé a déjà été appliqué avec succès au Conservatoire des Arts et Métiers, dans le laboratoire de métallurgie de M. le Professeur Le Verrier.

Mais les diagrammes ne sont vraiment comparables que lorsqu'ils proviennent d'essais de métaux de même épaisseur.

Pour rendre cette comparaison toujours possible et dans tous les cas, il fallait compléter la méthode d'essai et tout en ne s'écartant pas du principe des essais habituels, opérer sur de petits échantillons susceptibles d'une préparation rapide et peu coûteuse, conditions indispensables pour permettre de multiplier les essais en les effectuant en tous les points.

J'ai adopté pour les éprouvettes la forme prismatique avec des dimensions constantes pour obtenir des résultats comparables.

La longueur du prisme est de 20 *mm*; la largeur 10 *mm* et l'épaisseur 8 *mm*.

Ces dimensions réduites permettent d'extraire, preque à l'infini, ces éprouvettes de toutes les parties des tôles et au besoin des déchets produits au cours de la fabrication : chutes de barres, parties découpées, débouchures résultant du poinçonnage, etc.; il suffit de n'utiliser, dans ces dernières, que la partie supérieure, non détériorée par le poinçonnage, ainsi que je l'ai démontré (1), en ayant soin d'éviter d'employer la partie latérale ou la proue de la débouchure.

Les déchets sont orientés à l'aide d'une pointe à tracer et l'emplacement de chaque éprouvette repéré pour éviter la confusion.

A l'aide de petites scies alternatives montées sur une même machine et espacées de 10 *mm* et de 8 *mm*, les débouchures ou pièces de déchets sont débitées en prismes de 12 à 15 *gr*, aux dimensions indiquées.

La production est très rapide et le prix de revient très modique la machine fonctionnant à bras ou au moteur, sous la direction d'un enfant ou d'un manœuvre.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, septembre 1897.

Mesure de la ductilité. — Le pliage s'effectue à l'aide de l'appareil précédent un peu modifié *(fig. 25)*. La petite éprouvette prismatique E repose par ses extrémités sur deux coussinets demi-cylindriques CC logés parallèlement dans la matrice M, le coin-poinçon P avec extrémité arrondie opère le pliage; les coussinets CC donnent une surface d'appui suffisante pour éviter d'entamer l'éprouvette et tournent, sous l'effet du pliage, chacun d'un angle moitié du supplément de l'angle formé par les deux branches de l'éprouvette; il suffit de caler à l'extrémité de l'un de ces coussinets un secteur sur lequel s'enroule le cordon qui actionne l'enregistreur, pour que les abscisses du diagramme indiquent immédiatement l'angle de pliage. Si le secteur a 57 *mm* de rayon, chaque millimètre de l'abscisse correspondra à un degré.

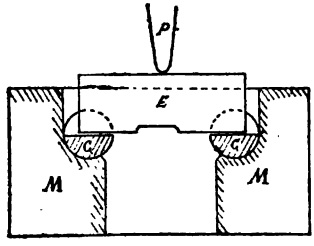


FIG. 25. — Matrice pour effectuer le pliage (grandeur).

Les ordonnées sont obtenues par l'écartement du bâti de la poinçonneuse mesuré à l'aide de l'élasticimètre décrit dans ma Note à l'Académie des Sciences du 10 décembre 1894.

L'ordonnée maximum du diagramme indique la ténacité en comparant les diagrammes de flexion aux diagrammes types constitués pour des tôles dont la ténacité est connue, soit par des expériences de traction effectuées une fois pour toutes, soit par des expériences de cisaillement, le rapport des ordonnées maximum de flexion étant égal au rapport des ténacités, on aura aisément la ténacité de la tôle expérimentée.

Pour déterminer la rupture dans les métaux ductiles, il est nécessaire de limiter la zone d'allongement; sans cette précaution, l'éprouvette se plierait à bloc sans se rompre. M. Korobkoff admet que la longueur de cette zone doit être égale à l'épaisseur de l'éprouvette pour les métaux doux et à une fois et demie cette épaisseur pour les autres métaux. Dans la longueur de cette zone la largeur de l'éprouvette est réduite de 25 à 30 0/0.

Or, l'éprouvette *(fig. 34)* découpée dans une tôle d'acier a été entaillée sur chaque face latérale d'un coup de scie de 1,5 *mm*, ce qui réduit de 30 0/0 la largeur de l'éprouvette et le pliage a pu s'effectuer à bloc. Je crois préférable, tout en laissant l'éprouvette intacte dans sa largeur, d'entailler la face qui subit l'extension et d'y pratiquer une cannelure de 1 *mm* de profondeur,

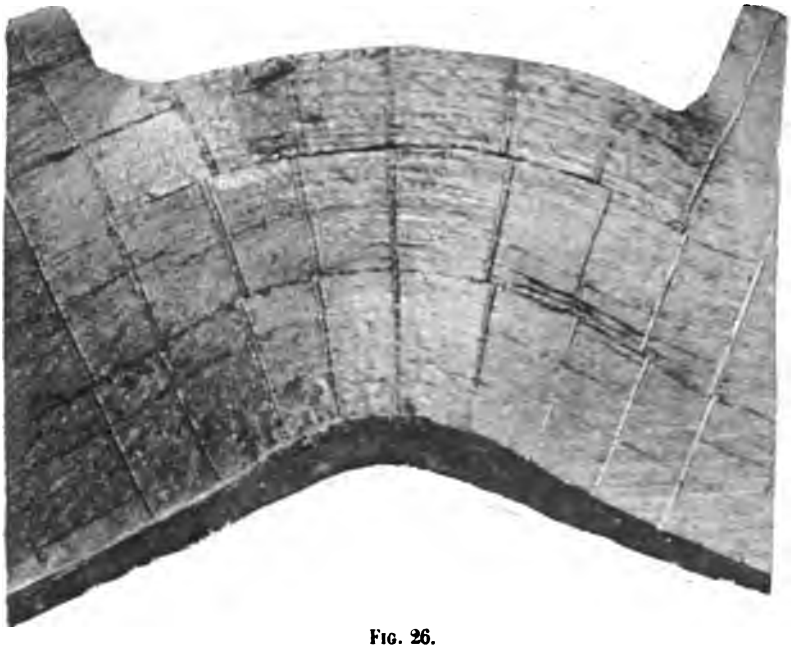


FIG. 26.

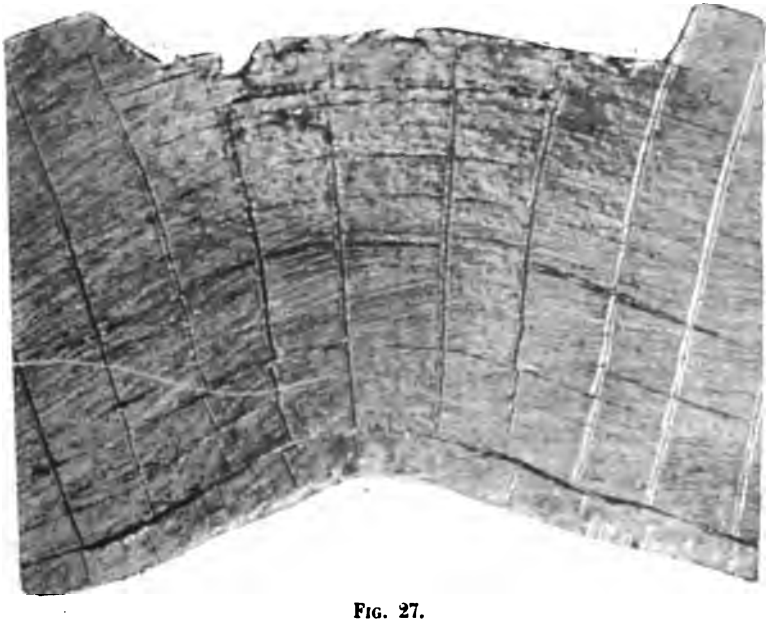
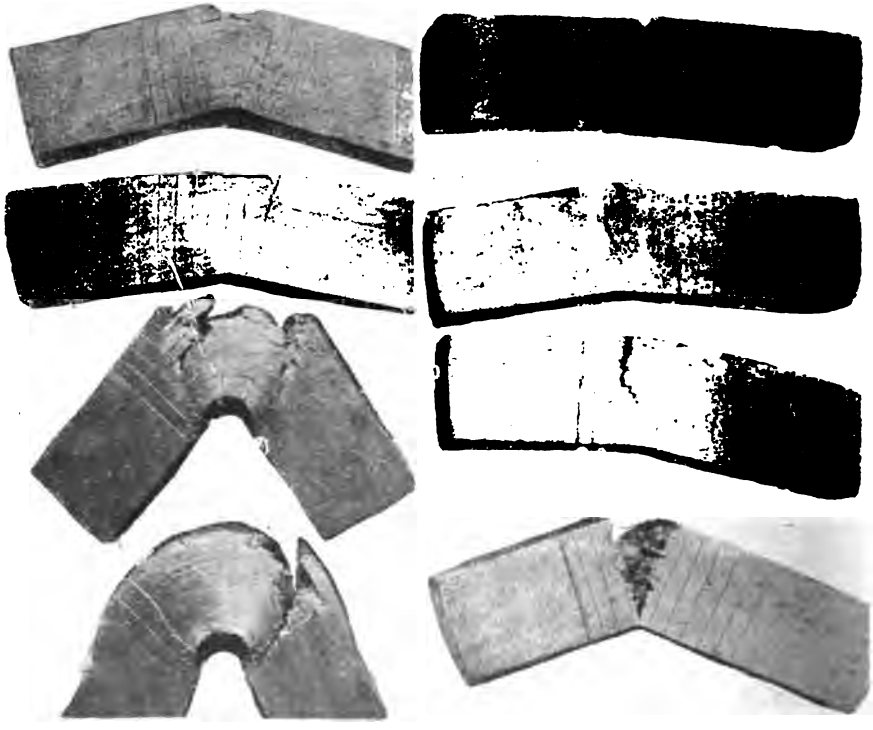


FIG. 27.

Éprouvettes pliées montrant l'allongement réparti (10 diamètres).

mais d'une ouverture variable avec la ductilité du métal, ainsi un trait de scie de 1 *mm* de largeur pour les aciers très doux et une ouverture de 2, 3 ou 4 *mm* pour les aciers plus durs, de façon à avoir dans tous les cas rupture de l'éprouvette après une déformation suffisante pour bien l'observer. Pour ces dernières cannelures, effectuées à la fraise pour être bien semblables, on devra ménager deux congés de raccordement pour éviter des



Fer en long. Fer en travers.

FIG. 28. — Essais de pliage (2 diamètres).

ruptures prématurées passant par les points où la section varie brusquement.

Le diagramme du pliage, analogue à ceux que représente la figure 23, donnera, par la mesure prise depuis le début de la courbe sur la ligne des *xy* jusqu'à l'ordonnée correspondant au point d'inflexion BG ou CF, l'angle de pliage au commencement de la rupture de l'éprouvette, que cette rupture soit apparente à l'extérieur ou cachée à l'intérieur.

Cette mesure est ainsi indépendante de toute appréciation arbitraire de l'opérateur.

Si on désire mesurer l'allongement réparti sur l'éprouvette, il suffit de graver sur une des faces latérales, préalablement polie, des divisions uniformément espacées de 1 *mm*, par exemple ; on les gravera aisément à l'aide d'un peigne.

Après pliage, l'éprouvette est portée devant l'objectif d'un ap-

Acier doux (débouchures). Fer de qualité.

Fig. 29. — Essais de pliage (2 diamètres).

pareil photographique amplifiant l'image exactement de *dix* diamètres par exemple ; on mesurera alors avec précision soit sur la glace dépolie, soit sur le cliché terminé, les déformations du métal survenues entre chacune des divisions primitives.

Les figures 26 et 27 montrent les photographies de deux éprouvettes ainsi traitées.

Mesure de la ténacité. — J'ai, précédemment, indiqué la possibilité de mesurer la ténacité par l'essai de pliage ; la ténacité peut aussi être observée par des expériences de cisaillement : l'éprouvette est cisaillée par un dispositif installé sur la poinçonneuse qui a servi au pliage, les deux lames de cette petite cisaille sont parallèles et non obliques ; et le diagramme du cisaillement donne par son ordonnée maximum la résistance au cisaillement (1).

La résistance au cisaillement étant fonction de la résistance à la traction, on en déduit facilement cette seconde de la première.

Mesure de la fragilité. — D'autres éprouvettes, de mêmes dimensions, entaillées d'un trait de scie de 1 *mm* de largeur et de 1 *mm* de profondeur, subissent une épreuve de choc pour indiquer la fragilité.

J'ai obtenu, puis enregistré immédiatement et exactement la mesure du choc en procédant par différence, au lieu de procéder par tâtonnements successifs comme il est d'usage. Je mesure une fois pour toutes le travail du mouton tombant d'une hauteur maximum fixe sur un crusher ou sur un ressort et, ensuite, dans chaque essai, je mesure le travail du même mouton, tombant de même hauteur que précédemment, mais ayant opéré dans sa chute la rupture de l'éprouvette entaillée ; dans ce dernier cas, le crusher est moins écrasé ou le ressort moins comprimé que dans le premier cas et la différence mesure exactement le travail dépensé pour effectuer la rupture.

Ces expériences ne sont pas encore assez avancées pour que je puisse les mentionner avec quelques détails. Je me réserve de les faire connaître ultérieurement en même temps que les résultats obtenus sur le même métal par les divers procédés que j'ai exposés.

Observations complémentaires. Traitements variés. Attaque à l'acide. — Ces mesures de ténacité, de ductilité, de fragilité, doivent être répétées sur des éprouvettes prises dans les diverses parties de la tôle ou de la barre à essayer et c'est en les multipliant, en comparant les résultats obtenus qu'on sera renseigné sur l'homogénéité du métal.

Pour l'acier, il est utile de faire des essais complémentaires en variant les traitements des éprouvettes afin de se rendre

(1) *Note à l'Académie des Sciences*, du 10 décembre 1894.

compte de l'état possible du métal dans des régions qui, pour un motif quelconque, ne peuvent être étudiées directement; comme

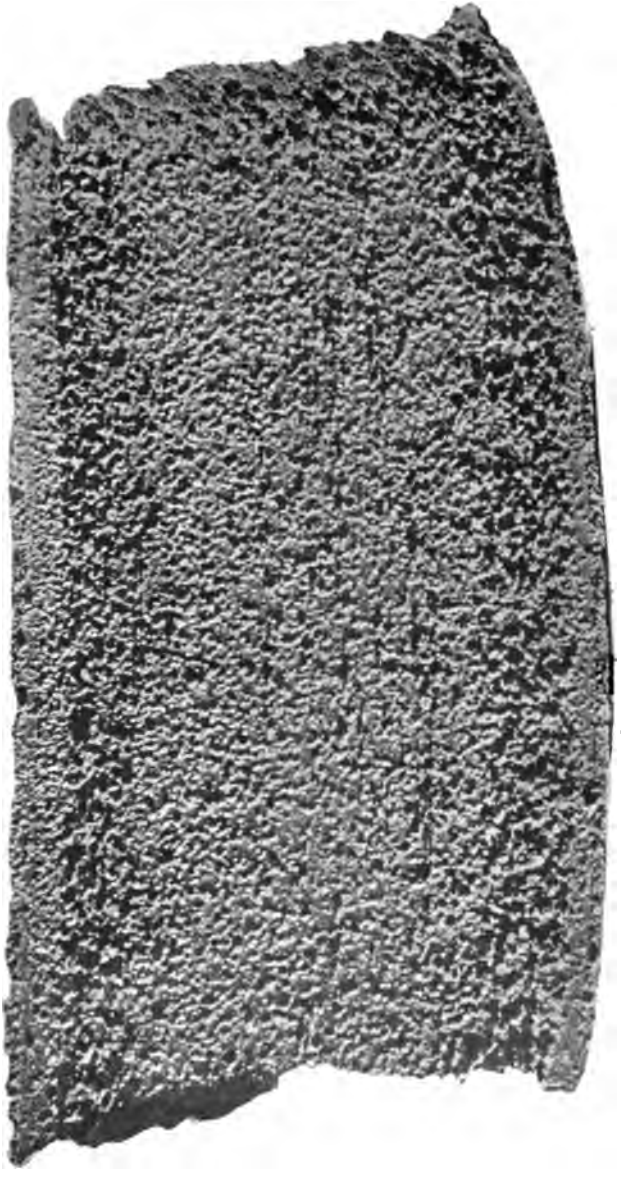


Fig. 30. — Photographie macrographique d'une coupe de débouchure (6 diamètres).

dans ces essais, on doit viser surtout les modifications locales que le travail peut introduire dans la nature du métal, ces traite-

ments seront essentiellement des chauffages avec refroidissements plus ou moins lents. La trempe proprement dite est peu indiquée; on ne voit guère de circonstances où les matières entrant dans une construction soient exposées à subir involontairement la trempe dans toute son intensité.

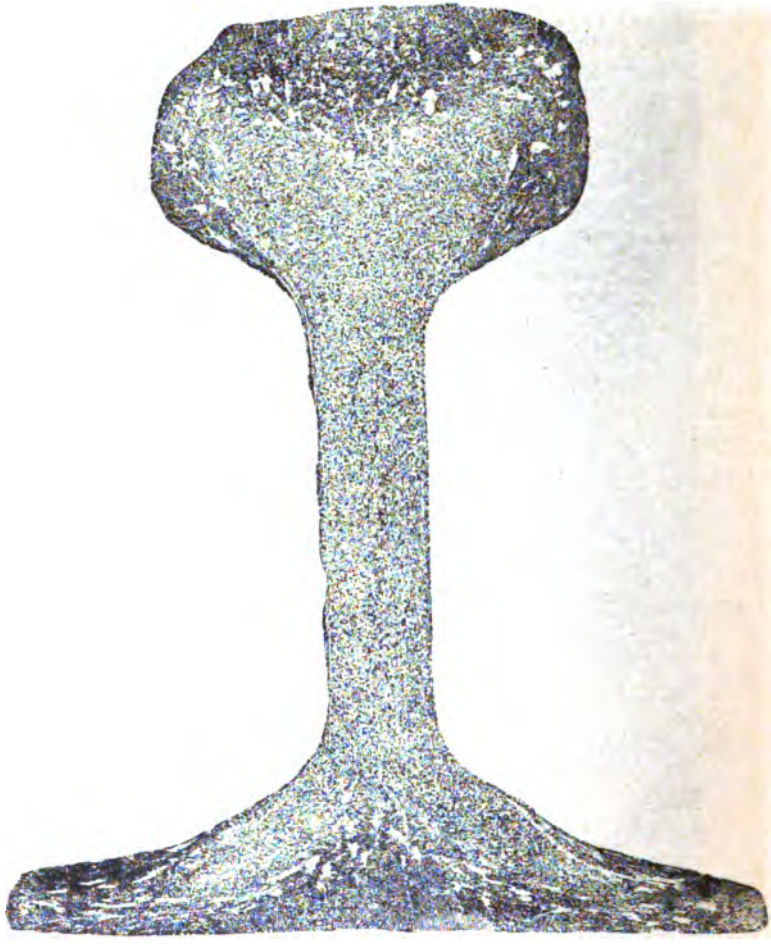


Fig. 31. — Macrographie d'un rail d'acier (l'impression est effectuée avec le bout du rail)

Pour bien accentuer l'utilité de ces traitements variés, je citerai une tôle d'acier ayant donné lieu dans une chaudière à un incident tout à fait anormal. En l'essayant à la traction, on avait trouvé 40 *kg* de résistance et 30 0/0 d'allongement; l'essai au choc après entaille était très satisfaisant; le pliage par éprouvettes

prismatiques a confirmé la ductilité indiquée par la traction, car, avec une entaille de 4 *mm*, l'éprouvette a pu être pliée à bloc sans rupture *(fig. 33)*; dans un second essai conforme aux indications

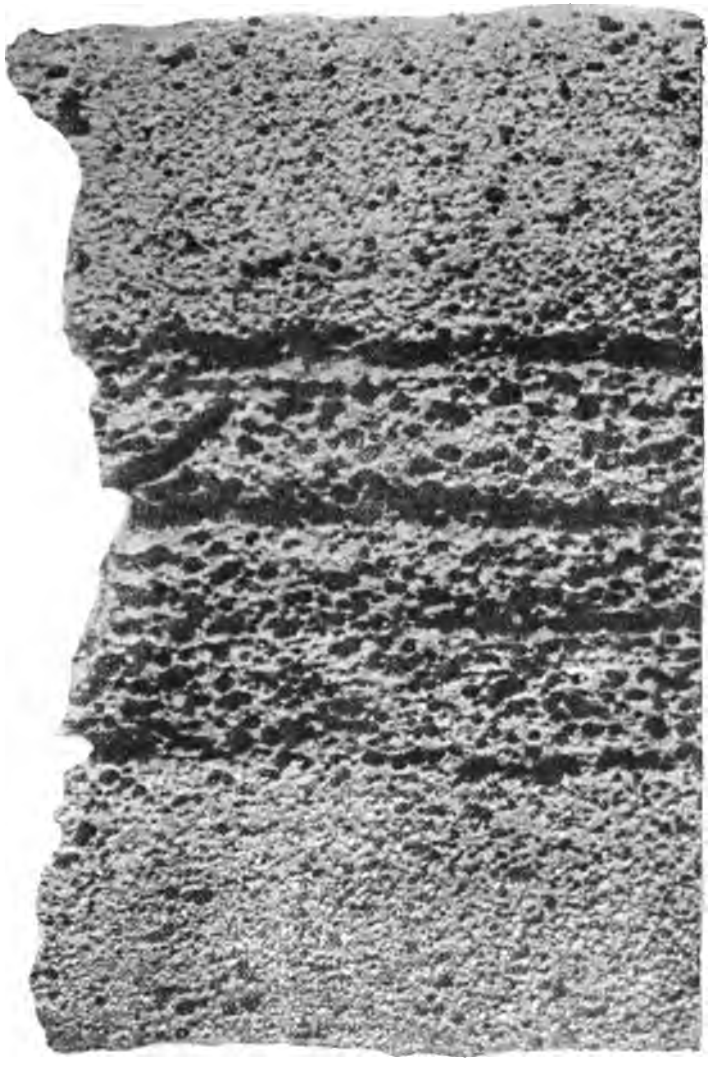


Fig. 32. — Photographie macrographique d'une tôle de 14 *mm* d'épaisseur (10 diamètres).

de M. Korobkoff, la face de l'éprouvette qui a subi l'extension comprise entre deux traits de scie de 1 *mm* de largeur a pu être amenée à 10,5 *mm*, ne présentant que des gerçures sans traces

de criques de rupture ; l'allongement de cette fibre extérieure est ainsi de 1050 0/0 *(fig. 34)*.

La rupture n'a pu être obtenue qu'en donnant un trait de scie de **1** *mm* sur la face en extension *(fig. 35)*.

FIG. 33

FIG. 34.

FIG. 35.

Éprouvettes ayant subi le pliage (2 diamètres).

Malgré cette ductilité, cette tôle *sans fragilité* à l'état normal, devenait très fragile, contrairement à toute attente, lorsqu'on lui avait fait subir un *recuit* (sans trempe préalable).

Un fait analogue avait déjà été signalé par notre savant Collègue M. Barba (1) qui a appelé l'attention des constructeurs sur le fait que certaines tôles d'acier doux pouvaient être *abîmées par le recuit* dès qu'il dépassait 300° à 350° et que cette détérioration s'accentuait à mesure que la température de recuit s'élevait. C'est à des détériorations locales durant le traitement à la forge qu'on devait attribuer les incidents reconnus en service, sur cette tôle et les essais ordinaires portant sur des parties non détériorées ne révélaient absolument rien.

(1) *Note sur l'emploi, dans les constructions, d'acier à haute limite d'élasticité* (*Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 6, session de 1895.

Les attaques à l'acide peuvent fournir de leur côté quelques renseignements, mais leur interprétation est assez délicate.

Sans parler des attaques micrographiques où l'on recherche les positions et importances relatives des divers constituants de l'acier et qui sont du domaine des laboratoires bien outillés et des expérimentateurs les plus habiles, on peut attaquer à l'acide plus profondément les rognures, débouchures de poinçons, etc., après les avoir découpées de façon à n'attaquer que des surfaces suffisamment unies ou polies.

Cette attaque révélera toujours des parties plus poreuses ou de natures dissemblables, dans lesquelles l'acide pénètre plus profondément, elle peut appeler l'attention sur ces régions plus particulièrement hétérogènes et y faire multiplier les autres essais.

La figure 30 représente avec un grossissement de 6 diamètres, la section d'une débouchure de poinçon d'une tôle d'acier.

La figure 32 représente, avec un grossissement de 10 diamètres, la section de la tôle d'acier de 14 millimètres ayant donné lieu à l'observation qui précède.

3° Poinçonnage.

J'ai indiqué dans une étude expérimentale du poinçonnage (1) la cause de la détérioration du métal produite autour d'un trou

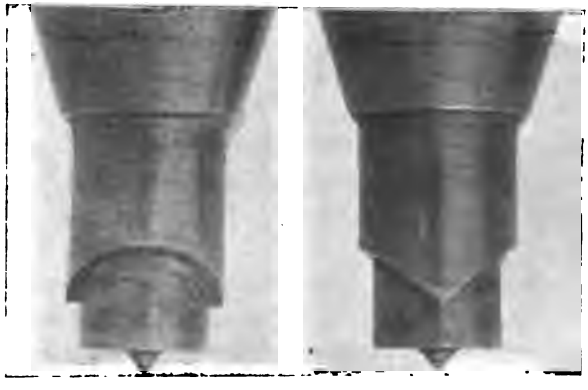


Fig. 36 et 37. — Poinçon raboteur.

poinçonné et j'ai montré que, pour diminuer cette détérioration, il fallait se servir d'une matrice laissant un jeu suffisant autour du

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* (janvier 1896).

poinçon, ce qui donne un trou conique qu'on doit aléser ensuite pour le rendre cylindrique.

Pour effectuer économiquement cette double opération de débouchage et d'alésage, j'ai imaginé un poinçon qui permet de poinçonner coniquement, puis ensuite et du même coup d'enlever la partie conique en excès (1).

Ce poinçon, vu sous deux faces *(fig. 36 et 37)*, donne complètement la solution; il se compose de deux parties : du poinçon plat ordinaire, laissant le jeu maximum dans la matrice et donnant une débouchure conique sans collerette ni partie lisse *(fig. 38)* et d'une seconde partie en forme de coin produit par deux plans inclinés, qui rabote d'un seul coup la partie conique interne du trou, et produit la couronne *(fig. 39)*.

Fig. 38. — Débouchure.

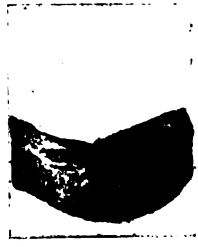


Fig. 39. — Couronne.

Les figures 40, 41 et 42 sont les photographies de débouchures obtenues avec des poinçons de ce genre, et montrant diverses faces.

La couronne n'adhère jamais au poinçon, mais si par hasard ce

Fig. 40, 41 et 42. — Débouchures complètes.

cas se présentait, au coup suivant, le débris serti sur le poinçon glisserait sur le plan incliné.

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, septembre 1897.

4° Cintrage des tôles.

Le cintrage à la machine-outil des tôles de chaudière comporte deux phases : 1° l'amorçage, c'est-à-dire le cintrage des bords opposés de la tôle pour permettre le passage de celle-ci entre les trois rouleaux de la machine ; 2° le cintrage proprement dit du reste de la tôle, cintrage effectué en une ou plusieurs passes.

Les tôles d'une épaisseur de 20 à 30 *mm* sont chauffées dans des fours, l'amorçage s'effectue dans des matrices sous une presse hydraulique, l'exécution de ces opérations ne détériore pas le métal.

Mais les tôles le plus ordinairement employées ont une épaisseur de 10 à 15 *mm* ; le cintrage se fait alors généralement à froid. L'explication que j'ai donnée de la cause des fissures produites par les coups de marteau dans l'amorçage conduit à l'obligation de n'effectuer cette opération qu'à chaud et au maillet.

Il faut proscrire l'usage constant de *dégourdir* la tôle en la promenant au-dessus d'un feu de forge, car la température ainsi obtenue est inégale et peut être en certains points de 200° à 300° ; or les tôles de fer et d'acier sont *fragiles au bleu*, selon l'expression adoptée, c'est-à-dire que pour ces métaux, il existe une température critique qui les rend fragiles et cette température, variable avec la qualité du métal, est comprise entre 230° et 280° environ.

Il est facile de se rendre compte sur une pièce en train de refroidir si elle est à ces températures, en donnant un coup de lime, on aperçoit alors une couleur paille vers 230 à 240°, et une couleur bleue vers 280 ou 300°.

Cette fragilité au bleu, connue depuis longtemps par les ouvriers des fabriques de fer du Yorkshire et par quelques manufacturiers (telle la Steel Company d'Écosse) qui engagent depuis longtemps les consommateurs de leurs produits à éviter le travail au bleu, paraît avoir été signalée pour la première fois en France par notre Collègue M. Valton dans une communication qu'il fit en 1875 à la Société de l'Industrie minérale à Saint-Étienne.

5° Rivetage.

Le rivetage dans la chaudronnerie et dans la charpente en fer s'effectue au marteau, par chocs successifs, ou à la machine, par compression.

Rivetage au marteau.

Il est exécuté dans le cas général par une équipe d'ouvriers composée, outre le chef ouvrier, d'un chauffeur de rivets (généralement un gamin) qui chauffe le rivet et le jette au teneur de tas; celui-ci ramasse le rivet avec des tenailles et l'introduit dans le trou à remplir; un troisième aide, le frappeur, saisit avec des tenailles la pointe du rivet dès qu'elle émerge pour maintenir le rivet en place pendant que le second ouvrier vient appliquer sur la tête du rivet son tas arc-bouté par un levier du premier genre afin de faire réaction et tenir coup le plus solidement possible.

Le riveur, avec le frappeur désigné et au besoin avec un second frappeur, quatrième aide, commence alors le rivetage. Ils se servent d'abord du petit marteau pesant 1,5 *kg* à 1,7 *kg*, soit 2 *kg* avec le manche. Le travail d'écrasement terminé, les ouvriers effectuent la seconde partie : le travail du bouterollage; ils se servent du marteau à devant d'un poids moyen de 4,5 *kg* à 5 *kg*.

Il m'a paru utile d'étudier ce travail au marteau pour connaître la dépense d'énergie; cette étude comporte deux parties :

1° Le tracé cinématique de la trajectoire du marteau;

2° Le calcul du travail du coup de marteau et du nombre de coups frappés dans un temps donné, pour en conclure le travail produit par seconde.

1° Tracé cinématique de la trajectoire du marteau.

Pour enregistrer le graphique de la trajectoire décrite par le marteau il faut avoir recours à la chronophotographie. M. le Dr Marey, membre de l'Institut, l'inventeur et le vulgarisateur de cette science a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire de physiologie du Parc-aux-Princes; il a mis à ma disposition tous ses instruments et appareils de recherche avec une bienveillance rare pour laquelle je le prie ici d'agréer mes sincères remerciements.

J'ai pu ainsi, dès 1894 (1), avant que les cinématographes soient dans le commerce, photographier sur de longues bandes qui se déroulent très régulièrement, toutes les poses successives d'un forgeron et de son frappeur.

J'ai ensuite photographié sur *plaque fixe* les poses successives pendant un cycle complet d'un coup de marteau, dans le marte-

(1) *Le Monde moderne*, février 1895, page 192.

lage à la volée *(fig. 43)*, et dans le martelage à devant *(fig. 44)*. Les espaces de temps qui séparent les différentes positions du

Fig. 43. — Frappeur martelant a la volée.

marteau sont égaux et exactement enregistrés par le chronographe placé devant le billot de l'enclume. L'aiguille de ce chronographe fait le tour du cadran en une seconde et demie.

Ces images permettent de relever rigoureusement les trajectoires *(fig. 45 et 46)*; TM est la trajectoire du centre de gravité du marteau; TD est la trajectoire de la main droite et TG celle de la main gauche. Les traits pointillés marquent les positions successives du marteau dans des temps égaux.

Fig. 44. — Frappeur martelant directement.

On remarque de prime abord que, lorsque le marteau est en l'air, sa vitesse est faible, et qu'elle s'accroit très rapidement à la descente pour être maxima à la fin de la chute, quand le marteau atteint l'enclume E, c'est ce qu'on appelle la *vitesse d'impacte*.

Une étude approfondie de ces diagrammes montre que les trajectoires décrites, que les positions relatives du marteau et de son manche sont la conséquence des relations des bras de leviers actionnés pour exiger le moins de force à dépenser, et dont le résultat donne, par conséquent, le minimum de fatigue, ce qui explique logiquement le mouvement instinctif de l'ouvrier.

2° Calcul du travail d'un coup de marteau.

Le frappeur donne douze coups de marteau à devant en 15 secondes et produit ainsi un travail moyen de 330 *kgm*. Cela fait environ 28 *kgm* par coup de marteau et 22 *kgm* par seconde.

Ceci est pour le travail normal du frappeur étirant, par exemple, un morceau de fer chauffé à blanc.

Quand le frappeur est très habile et très fort et que le travail l'exige, il peut produire jusqu'à 28 *kgm* par seconde, mais cela pendant quelques instants seulement et avec une période de repos entre les chaudes.

Quand, au contraire, le travail est de longue durée et qu'il y a peu ou pas de repos entre deux chaudes consécutives, le travail produit descend à 15 ou 16 *kgm* par seconde.

C'est le cas du travail dans la maréchalerie, où le frappeur frappe plus longtemps et plus souvent que dans la forge ordinaire et qui, dans l'intervalle, tire le soufflet et chauffe un nouveau lopin pendant que le compagnon perce et termine le fer à cheval. Dans ce cas, le frappeur se sert d'un marteau à devant à manche court du poids de 6 *kg* et frappe 15 coups en 15 secondes et produit un travail de 15 *kgm* par seconde.

En résumé, le travail produit par un frappeur à devant frappant directement sur du fer chaud, est de 16 à 28 *kgm* par seconde et atteint presque toujours de 22 à 23 *kgm* par seconde.

J'ai fait, en 1890, une série de 68 essais ; il n'y a eu que 5 frappeurs qui aient produit soit un peu plus, soit un peu moins que ces chiffres moyens (1).

Quand, au lieu de faire décrire un quart de cercle à son marteau de 7 *kg*, le frappeur lui fait décrire un cercle entier, c'est-à-

(1) *L'Enclume*, 28 avril 1891.

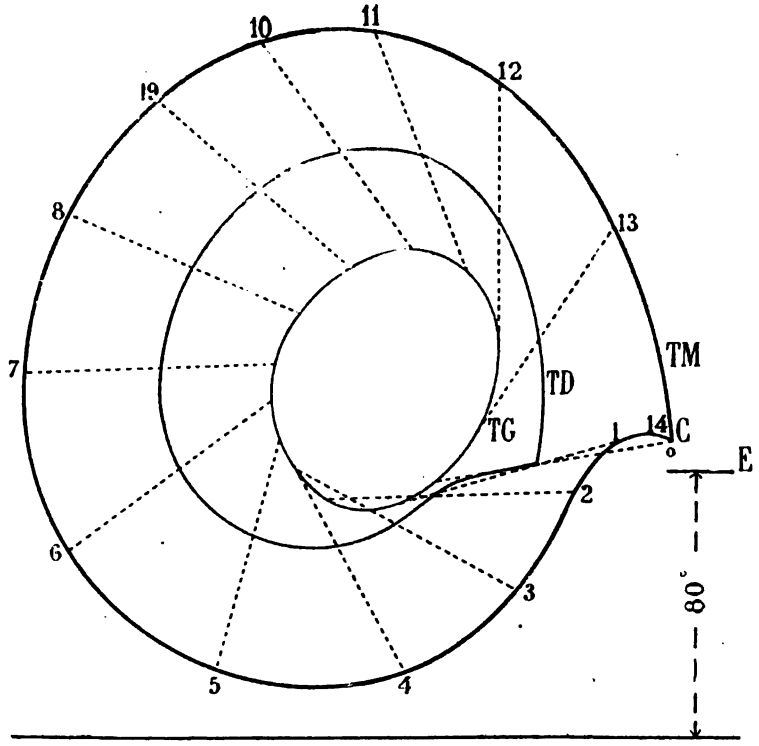


Fig. 45.

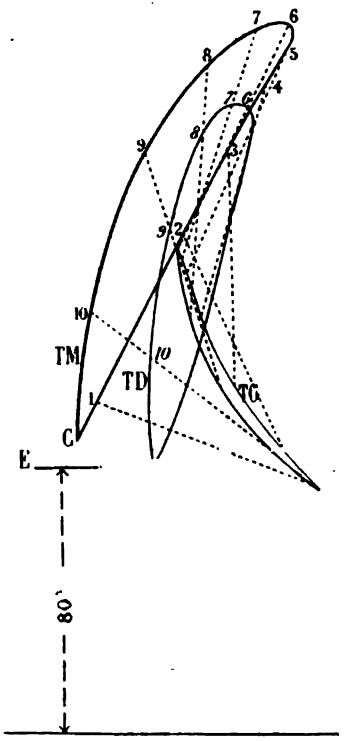


Fig. 46.

Fig. 45 et 46.

Trajectoires décrites par le marteau et les mains du frappeur.

dire quand il frappe en tournant *à la volée*, il donne seulement 9 coups au lieu de 12 dans une période de 15 secondes. Mais alors, chaque coup de marteau vaut 32 *kgm*, c'est-à-dire 4 *kgm* de plus que dans le cas précédent et le travail produit par seconde est de 19 *kgm* au lieu de 22 à 23 *kgm*.

Le frappeur à la volée donne donc moins de coups de marteau qu'en frappant à devant, mais ils sont plus forts, et le travail total produit est moindre, aussi fatigue-t-il moins.

Ces chiffres expliquent très bien ce fait qu'un frappeur qui doit travailler longtemps sans arrêt, frappe instinctivement à la volée. Ce moyen est aussi employé quand plus de deux frappeurs travaillent sur la même pièce, parce que, s'ils frappaient à devant et que le nombre de coups fût conservé, les marteaux se choqueraient. Ce moyen doit aussi être préféré quand il faut produire d'un seul coup de marteau le maximum d'effort, pour matricer, par exemple.

Quand le frappeur à devant doit travailler de côté, c'est-à-dire quand il doit frapper sur un plan vertical pour écraser un rivet dont l'axe est horizontal, par exemple, il donne encore 12 coups en 15 secondes, mais il ne produit que 260 *kgm*, ce qui fait environ 20 à 22 *kgm* par coup de marteau et seulement 17 *kgm* par seconde.

Ces chiffres sont le résultat d'essais avec des frappeurs de forge ordinaire ; mais avec des ouvriers habitués à travailler de cette dernière façon comme des riveurs de profession, le rendement est augmenté de 10 0/0 environ, et le coup de marteau est de 24 *kgm* et le travail par seconde de 19 *kgm*.

En pratique courante, le marteau à devant du riveur est du poids moyen de 4,500 *kg*. Le travail produit avec ce marteau est d'environ 16 à 18 *kgm* par coup de marteau en frappant à devant et le nombre de coups 13 à 14 en 15 secondes, ce qui produit un travail de 15 *kgm* par seconde.

En frappant à la volée, le travail du coup de marteau est de 22 à 23 *kgm*, mais le nombre de coups frappés est de 10 coups en 15 secondes, ce qui correspond à un travail moyen de 15 *kgm* par seconde.

Lorsque le frappeur doit agir sur un outil interposé, comme une bouterolle, une étampe, une chasse à parer, une tranche, etc., le rendement est diminué d'environ 20 0/0. Cette diminution est due à plusieurs causes : 1° à une plus grande difficulté dans le travail, l'interposition de l'outil oblige à frapper plus haut ;

2° le marteau a une chute diminuée d'autant ; 3° il faut frapper plus adroitement ; 4° une partie du choc est absorbée par les vibrations de l'outil ; 5° une partie du travail est absorbée par le matage de la tête de l'outil, etc.

Quand l'ouvrier frappe sur une pièce élastique pour le rivetage d'une chaudière, d'une poutre, d'un pont, etc., un aide tient coup derrière la pièce avec une masse, un tas, un turc dont l'inertie annule une partie de l'élasticité de la pièce à river, mais la masse n'est jamais assez grande et son point d'appui n'est jamais assez résistant ; aussi, malgré tout, cette élasticité persiste sous le choc et absorbe une partie de la force vive ; c'est du travail dépensé sans résultat utile. La perte de ce fait, est très variable, elle dépend du travail ; dans une série d'essais, elle a varié de 9 à 32 0/0.

Tous ces essais concernent le marteau à devant ; pour le marteau à main d'un poids de 2 *kg* à 2,500 *kg*, j'ai obtenu les résultats suivants :

Dans le rivetage, le marteau à main pèse de 1,800 *kg* à 2 *kg*, le travail produit par coup de marteau est d'environ 8 à 9 *kgm*, on donne 4 coups en 5 secondes, le travail moyen est d'environ 7 *kgm* par seconde et par ouvrier.

Dans la forge ordinaire, le forgeron se sert d'un marteau à main du poids de 2,500 *kg* environ et donne 15 coups en 15 secondes et produit un travail de 10 *kgm* par coup et par seconde.

Dans la maréchalerie, avec le ferretier du poids de 2 *kg* à 2,500 *kg*, le forgeron donne environ 20 coups en 15 secondes et produit un travail de 9 à 10 *kgm* par coup de marteau et de 12 *kgm* par seconde.

Dans ces nombreux essais, il est à remarquer qu'un marteau de poids P permet de produire par coup de marteau un travail égal à celui que produirait le même poids tombant de 4 *m* de hauteur, c'est-à-dire que

$$T = P \times 4.$$

Cette loi empirique est vraie pour les marteaux qu'on emploie dans la pratique industrielle et dont le poids varie de 1 à 7 *kg*.

De nombreux essais faits dans des ateliers différents m'ont donné les moyennes suivantes pour le travail dépensé dans le rivetage au marteau.

Travail dépensé dans le rivetage au marteau.

Diamètre du rivet en millim.	Surface de la section en mill. carrés.	Travail en kilogrammètres.				Temps moyen en secondes.
		Matage.	Bouterollage.	Total.	par mill. carré.	
—	—	—	—	—	—	—
12	113	20	86	106	1	12
14	154	35	145	180	1,2	15
16	201	55	220	275	1,4	18
18	254	80	320	400	1,6	20
20	314	115	453	568	1,8	25
22	380	150	600	750	2	30
25	491	220	880	1100	2,2	40

L'écrasement du rivet se faisant par chocs successifs exige un espace de temps très sensible, variable avec la section du rivet, la dureté de la matière dont il est formé, la température qu'il possède pendant l'écrasement.

Il existe d'autres facteurs qui influent sur la durée de l'écrasement d'un rivet. Ce sont : la plus ou moins grande élasticité de la pièce à river; l'inertie du tas ou de l'enclume qui maintient le rivet, le nombre de frappeurs et la force des coups portés, etc.

Or, il est à remarquer que, plus cette durée d'écrasement est courte pour un rivet donné, moins il faut dépenser de kilogrammètres pour obtenir le même résultat, parce que le rivet au contact des pièces à river, des tas et des bouterolles, perd de sa chaleur par rayonnement et surtout par conductibilité, et par suite se refroidit rapidement.

Il y a donc économie à river vite, puisqu'on dépense moins de travail. Il y a aussi avantage pour la qualité du travail, car le rivet frappé assez chaud se refoule mieux, et le corps remplit plus facilement les cavités, le métal ne se détériore pas et conserve ses propriétés de résistance.

Pour éviter le refroidissement du rivet par rayonnement, il faut chercher à le faire pénétrer le plus rapidement possible dans le trou qu'il doit remplir.

Dans des cas difficiles, j'ai constaté qu'il s'écoulait plus de trente secondes entre la sortie de la forge et le commencement du rivetage.

Pour atténuer l'effet nuisible du refroidissement du rivet par conductibilité, il faut frapper vite et fort, d'où il suit qu'il y a

souvent économie à mettre un frappeur de plus, et à placer les ouvriers à leur aise sur un échafaudage solide et commode.

Dans la chaudronnerie, le rivetage au marteau nécessite une plus grande dépense de travail que le rivetage dans la charpente, car outre le travail du rivetage proprement dit, commun aux deux spécialités, et qui consiste à écraser le rivet en le matant d'abord au marteau, puis en le bouterollant ensuite, il y a dans la chaudronnerie un travail supplémentaire destiné à assurer l'étanchéité en serrant les pinces au marteau et en rebouterollant. Ce travail supplémentaire est très variable, on peut l'estimer à 1 *kgm* par millimètre carré de section du rivet.

Ces nombres sont des moyennes prises à la suite de nombreuses observations; toutefois ils peuvent augmenter quand l'exécution du rivetage laisse à désirer, par exemple quand le chauffage du rivet est insuffisant, quand le laps de temps entre la sortie du rivet du foyer et le rivetage est plus considérable, quand les ouvriers sont moins nombreux ou frappent moins fort, quand la pièce à river est plus élastique, etc.

Ils peuvent au contraire diminuer quand le rivetage est exécuté dans des conditions avantageuses.

Rivetage a la machine.

Pour connaître le travail dépensé dans le rivetage par compression, j'ai dû chercher à tracer les diagrammes des pressions nécessaires à l'écrasement des rivets de 12 à 25 *mm* de diamètre.

Le dynamomètre de compression que j'ai imaginé est représenté figure 47. Cet instrument se compose d'un grand levier en fer F ayant environ 5 *m* de longueur, articulé en C sur le bâti en fonte A. Il actionne, à l'aide d'un axe E placé exactement à 10 *cm* de l'axe C, un porte-outil B qui est guidé verticalement par des glissières D. Ce porte-outil présente une plate-forme à la partie inférieure, pour permettre le montage de la bouterolle, la contre-bouterolle se fixe sur la table rabotée V du bâti en fonte A. Ce bâti A est monté sur un banc en charpente O. Le grand bras de levier compris de l'axe E aux poulies N et N', est cinquante fois plus long que le petit bras CE, l'effort de compression produit en B, atteint donc cinquante fois l'effort réel produit par deux manœuvres qui appuient sur le levier suivant la direction de la flèche M'; à la pression ainsi produite, il convient d'ajouter le poids du levier qui, on le verra plus loin, produit à lui seul en B une pression de 3575 *kg*.

Le fonctionnement a donc lieu de la façon suivante : le levier est maintenu par une corde M passant sous le galet N et sur une poulie S fixée au plafond. Deux hommes tirent sur le brin M, qui redescend de la poulie pour soulever le levier et permettre le passage en BV de la pièce à river. Cette manœuvre terminée, les deux ouvriers lâchent doucement la corde M, de façon à laisser descendre le levier F qui produit la compression sur la pièce à essayer, et cela par son propre poids; à un moment le levier appuie de tout son poids et la corde M ne le soutient plus; pour continuer la compression, les ouvriers font tomber la corde de dessus la poulie S qui vient alors poser sur le galet N′ et agissent

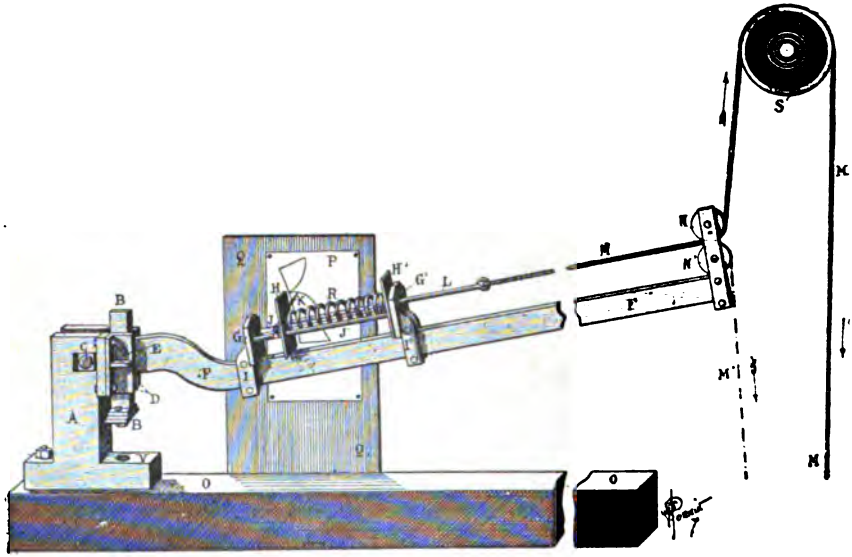


Fig. 47. — Dynamomètre de compression.

à nouveau, mais cette fois en appuyant sur la corde dans la direction de la flèche M′ et comme il a été dit; la pression qu'ils produisent est multipliée par 50 (rapport des deux bras du levier), et la compression totale est alors égale à celle que produisent les deux ouvriers, plus la pression que produit le poids du levier.

Mais le but du dynamomètre n'est pas seulement de comprimer, il est aussi de mesurer cette compression et de l'enregistrer. Il a donc fallu le munir d'un appareil de mesure et d'un système d'enregistrement.

L'appareil de mesure consiste en un ressort de qualité, pouvant dépasser la pression maximum produite par les ouvriers, sans

atteindre sa limite d'élasticité. Ce ressort R est pris entre deux plateaux, percés de deux trous, dans lesquels passent deux tiges cylindriques J et J′ servant de glissières; le plateau H′ est en contact avec la bride GI′ fixée à demeure sur le levier F; l'autre bride GI maintient les deux extrémités des glissières JJ′, le plateau H, libre de glisser, repose sur l'extrémité du ressort R; il porte, solidement boulonnée, une tige L qui passe à travers la bride G′ et vient se terminer en anneau pour recevoir la corde M. Quand la corde M est tirée, elle agit sur la tige L qui fait appuyer le plateau H sur le ressort antagoniste R. Ce ressort fléchit proportionnellement à l'effort de traction transmis sur la corde M, il peut donc donner la mesure de cette traction.

L'appareil d'enregistrement est des plus simples : il consiste en un crayon qui glisse à frottement doux dans un tube solidaire du plateau H, et en une planchette Q fixée sur le banc O. Une feuille de papier P est fixée sur cette planche. Un léger ressort, placé dans le petit tube, pousse le crayon en contact avec le papier. Si l'on soulève le levier F, indépendamment de toute traction sur la corde, le ressort, ne subissant pas de pression, ne se comprimera pas et le crayon C décrira un arc de cercle ayant le point C pour centre.

Si, après avoir soulevé à la main le levier, on le suspend en l'air par la corde M, passant sur la poulie S, on produit, par la seule action du poids du levier, une tension sur la corde et sur le ressort: celui-ci se comprime, et le crayon tracera une ligne située en prolongement d'un rayon de l'arc de cercle tracé; cette ligne indiquera la flèche prise par le ressort, et donnera exactement la mesure du poids du levier. Si une résistance est créée sous le porte-outil B et que les ouvriers cèdent doucement, le levier pèsera sur la matière à essayer, et le ressort se détendra pour revenir à sa position initiale, qu'il atteindra quand le levier ne sera plus soutenu que par la pièce comprimée; à ce moment, le crayon se retrouvera sur l'arc de cercle qu'il avait primitivement décrit; mais comme le levier se sera abaissé par suite de l'affaissement de la pièce comprimée, la courbe tracée indiquera le travail produit. Le poids du levier ne suffisant pas pour obtenir le résultat voulu, les deux ouvriers tireront alors sur le brin M′ et comprimeront le ressort, le crayon tracera donc une courbe qui s'éloignera de plus en plus cette fois de l'arc de cercle primitif. La courbe définitive aura, par suite, deux inflexions, et elle indiquera en coordonnées polaires le diagramme du travail.

On pourra, pour la comparaison et la facilité de calculs des diagrammes, transformer celles-ci en coordonnées rectangulaires, les ordonnées indiqueront l'espace parcouru amplifié dans la proportion voulue et les abscisses donneront les efforts.

La figure 48 donne les tracés des diagrammes des pressions

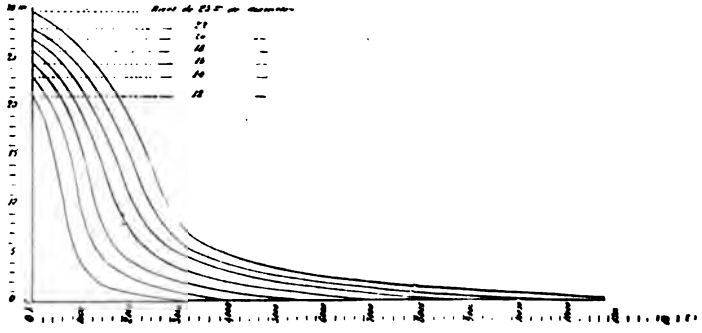


FIG. 48. — Diagrammes des pressions nécessaires pour écraser les têtes des rivets de 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 *mm* de diamètre.

nécessaires pour écraser les têtes des rivets de 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 *mm* de diamètre des tiges.

Les résultats des calculs de ces diagrammes sont transcrits dans le tableau suivant.

Travail dépensé dans le rivetage à la machine.

Diamètre du rivet en millimètres.	Surface de la section en millimètres carrés.	Travail en kilogrammètres.		Pression finale en kilogrammes.
		Total.	Par millimètre carré.	
—	—	—	—	—
12	113	16	0,141	3 200
14	154	24	0,156	4 000
16	201	33	0,165	5 500
18	254	45	0,177	7 000
20	314	60	0,190	8 500
22	380	75	0,198	10 500
25	491	100	0,203	13 500

Les quantités trouvées peuvent éprouver de légères variations qui tiennent à ce que, m'étant placé dans les conditions habituelles de la pratique, j'ai eu affaire à des rivets qui différaient par leur nature et par leur température, mais les écarts ne sont pas très grands.

Je n'ai pas cherché à relever le travail supplémentaire nécessaire pour obtenir le refoulement de la tige, car les variations du fait de l'épaisseur des pièces à river, de leur nombre, du jeu dans les trous et de la concordance de ceux-ci, sont trop nombreuses.

Explication des différences constatées dans le travail dépensé dans le rivetage au marteau et a la machine.

En comparant le travail dépensé dans chacun des deux modes de rivetage, on constate une disproportion qu'on était loin de prévoir : il faut, en chiffres ronds, dix fois moins de travail par la compression que par le martelage; en voici les causes :

Le peu d'inertie du tas (malgré la pression exercée par l'ouvrier, au moyen du levier, auquel il donne le plus d'abatage possible) et l'élasticité de la tôle à river occasionnent une perte de travail très variable qu'on peut estimer, en moyenne, à 20 0/0, car dans une série d'essais j'ai trouvé 14 à 32 0/0.

Dans le bouterollage, le travail du coup de marteau est transmis à la tête du rivet par l'intermédiaire de la bouterolle tenue à la main par le chef riveur; il y a, du fait de l'intervention de cet outil, une nouvelle perte de force vive de 10 à 15 0/0.

Si donc on tient compte de ces deux premiers coefficients, on trouve, dans le rivetage au marteau, une perte de 30 à 35 0/0.

Il y a surtout une perte de travail occasionnée par le refroidissement par rayonnement et par conductibilité, pendant tout le temps du martelage.

Il n'est pas possible de mesurer directement cette perte, mais en essayant, par une série de tâtonnements, d'exécuter un rivetage d'un seul coup de marteau-pilon, j'ai trouvé qu'il fallait une masse tombante de 115 *kg* avec une chute de 1,75 *m*, soit T = 200 *kgm* pour écraser un rivet de 25 *mm* de diamètre, environ 0,4 *kgm* par millimètre carré de section.

Or, en déduisant les 30 0/0 que j'ai indiqués, des 2,2 *kgm* nécessaires par millimètre carré pour le rivet de 25 *mm*, il reste 1,6 *kgm*, soit quatre fois le travail dépensé pour river par un seul coup de mouton.

Il faut ainsi, quand on réduit le temps assez pour supprimer presque complètement le refroidissement : 0,4 *kgm*, par millimètre carré pour faire un rivet de 25 quand on l'écrase par choc rapide et 0,2 *kgm* par millimètre carré quand on rive par compression rapide.

Les lois qui régissent le rapport du choc à la compression ne sont pas connues; pour établir ce rapport en ce qui concerne le fer chaud, j'ai expérimenté sur des cylindres de fer chauffés à blanc et ayant 35 *mm* de diamètre et 50 *mm* de hauteur; la figure 49 donne, en trait continu, le diagramme du travail dé

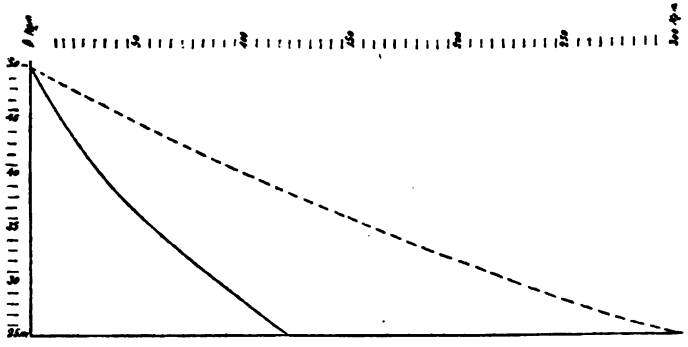


Fig. 49. — Diagrammes du travail dépensé pour écraser un témoin en fer chauffé à blanc:
1° Par la compression (trait continu).
2° Par le choc (trait pointillé).

pensé pour écraser ce cylindre par la compression et en trait pointillé le diagramme du travail dépensé pour l'écraser par le choc, le rapport est bien au moins du simple au double, cela explique bien le résultat que je viens d'indiquer.

Ces essais portent tous sur des rivets en fer.

Les chiffres sont plus élevés de 20 0/0 environ quand le métal est du fer fondu ou acier doux.

Formation du rivet dans le rivetage.

J'entends par former le rivet : 1° renfler la tige jusqu'au remplissage du trou et 2° écraser la pointe jusqu'à la formation de la seconde tête.

Pour comprendre ce qui se passe dans cette opération, il faut se reporter à ce que nous voyons dans l'écrasement d'un cylindre de fer entre les deux plateaux d'une presse, d'abord quand ce cylindre est amené également chaud dans toutes ses parties et ensuite quand il est amené inégalement chaud.

Si l'on prend un cylindre de fer chauffé régulièrement et également dans toutes ses parties et qu'on l'écrase sous une presse, il augmente de diamètre au fur et à mesure qu'il diminue d'épaisseur, mais la nouvelle forme qu'il prend est différente de

la forme primitive cylindrique; il se renfle plus au milieu que sur les bords.

Ainsi le cylindre A serré par les plateaux métalliques PP′ d'une presse *(fig. 50)* prend la forme A′ *(fig. 51)*.

Cette asymétrie est occasionnée par deux causes :

1° Les deux faces planes du cylindre chaud A en contact avec les plateaux froids P et P′, perdent de leur chaleur par conductibilité et par rayonnement, tandis que le milieu du cylindre se refroidit moins vite, car il ne subit guère que la perte par rayon-

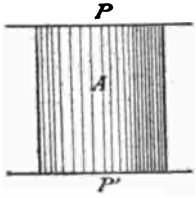


Fig. 50.

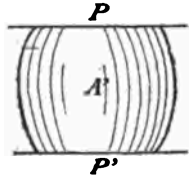


Fig. 51.

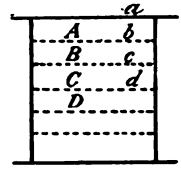


Fig. 52.

nement, il est facile de constater ce fait en laissant séjourner pendant quelque temps le cylindre A dans cette situation, on voit les extrémités noircir quand le milieu est encore rouge;

2° Ces deux faces planes subissent, pour glisser et s'étendre sur les plateaux, un frottement qui les empêche de s'épanouir autant que peut le faire le reste du cylindre.

Considérons dans ce cylindre une série de tranches superposées : A, B, C, D, etc. La tranche A *(fig. 52)* en contact avec le plateau P par sa face *a* et avec la tranche suivante B par sa face *b*, s'écrasera sous la pression et prendra une forme *tronconique*, parce que, comme nous venons de le voir, la face *a* se refroidissant par conductibilité et frottant en glissant s'épanouira moins que la face *b*, et même ne s'épanouira pas si le refroidissement est suffisant.

Il en sera de même pour la tranche B dont les faces *b* et *c* seront dans des conditions analogues aux faces *a* et *b* de la tranche A, mais avec une différence moindre, car le frottement et le refroidissement seront moindres en *b* qu'en *a*; en effet, en *b* il y a une moins grande perte de chaleur qu'en *a* et une moindre résistance au frottement puisque la tranche A′ s'épanouit à sa base, tandis que le plateau reste immuable.

On aura ainsi pour chaque tranche un tronc de cône mais de

moins en moins conique à mesure que la tranche s'éloigne des faces en contact avec les plateaux de la presse *(fig. 53)*.

J'ai supposé que le cylindre primitif était amené également chaud dans toutes ses parties, voyons maintenant comment se fera l'écrasement si une des extrémités est plus chaude que l'autre ; et considérons deux tranches voisines au milieu : F et G, *(fig. 54)* la tranche F est plus chaude que la tranche G; sous l'effet de la pression la tranche F moins résistante que la tranche G s'écrase la première et présente de la sorte une section plus grande, cette augmentation de section de la tranche F a pour conséquence de faire croître sa résistance totale et le phénomène se continue jusqu'à ce que cette résistance égale la résistance totale de la tranche G. Lorsque cette égalité est atteinte la tranche G commence à s'écraser à son tour et à augmenter de section; et la tranche F doit, pour la raison déjà indiquée, augmenter d'autant plus de section par rapport à la tranche G qu'elle en diffère plus par sa résistance élémentaire.

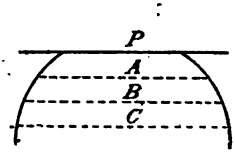


FIG. 53.

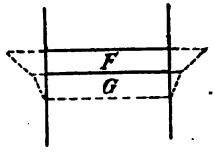


FIG. 54.

En résumé, à chaque instant, pendant l'opération de l'écrasement, le produit de la section totale de chaque tranche par sa résistance élémentaire est le même pour chacune des tranches.

Revenons au rivetage :

Plusieurs feuilles de tôle superposées, percées de trous qui se correspondent plus ou moins exactement, doivent être rendues solidaires par le rivetage.

A cet effet les rivets sont choisis d'un diamètre tel, qu'une fois chauds, ils puissent pénétrer facilement dans les trous qu'ils doivent remplir, la longueur de chacun d'eux doit être suffisante pour permettre et de remplir ce trou auquel il est destiné et de former la tête. On compte habituellement : 1° pour faire la tête une longueur de tige de une fois et demie le diamètre de cette tige; 2° on ajoute à la longueur L, qui doit être serrée, une quantité variant de un dixième à un neuvième de cette épaisseur. Plus le diamètre du trou s'écarte du diamètre du rivet plus il faut augmenter cette dernière quantité.

La longueur à serrer étant L et le diamètre du rivet étant d la tige du rivet choisi doit aussi être de :

$$L + \frac{3d}{2} + \frac{L}{10} \quad \text{ou} \quad L + \frac{3d}{2} + \frac{L}{9}.$$

Le rivet choisi est chauffé *également* dans toutes ses parties, puis passé dans la pièce à river; il s'écoule alors un temps plus ou moins long nécessaire pour placer la riveuse ou le tas et la bouterolle, pendant ce laps de temps la tige du rivet est en contact avec les tôles et perd rapidement de sa chaleur par conductibilité tandis que sa pointe émerge et se refroidit plus lentement en perdant de la chaleur par rayonnement; si cette opération préparatoire est faite rapidement la différence de température entre le corps de la tige et la pointe est faible, mais elle va en croissant avec le temps qui s'écoule entre le placement du rivet et le commencement de l'écrasement. Subissant alors la pression, la pointe et le corps du rivet se gonfleront en fonction inverse de leurs résistances élémentaires c'est-à-dire en fonction directe de leurs températures; plus une de ces parties sera chaude plus elle augmentera de diamètre, puisque les résistances totales de chaque tranche sont toujours égales.

Le refroidissement du rivet a une très grande influence, j'ai dit précédemment qu'un rivetage effectué d'un seul coup de mouton dépensait *quatre fois moins* de kilogrammètres que lorsqu'il est exécuté au marteau, par de nombreux chocs successifs.

Si pour écraser la tête d'un rivet on comprime la pointe à l'aide de la bouterolle, la pression se fait d'abord sur l'arête de l'extrémité plane du rivet *(fig. 55)* et empêche l'épanouissement de cette surface, le refroidissement rapide au contact continu de l'outil froid, augmente encore la résistance à l'épanouissement, tandis que, dans un rivet écrasé par chocs, le marteau frappant à plat sur toute la surface de la pointe produit par sa force vive un épanouissement local mais général de cette surface, et cela d'autant mieux que le contact du marteau est instantané et refroidit peu le métal.

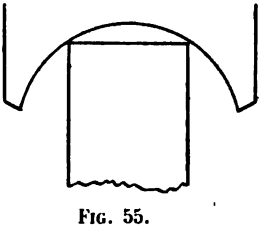


Fig. 55.

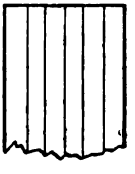


Fig. 56.

Aussi, si l'on considère deux têtes de rivets en fer, l'une effectuée à la riveuse et l'autre au marteau, on constate de suite vers

la partie extrême, une disposition différente des fibres, d'abord parallèles *(fig. 56)*, elles tendent sous l'effet de la bouterolle, à se rapprocher, leur faisceau se resserre *(fig. 57)* tandis que, sous l'effet du marteau le faisceau s'écarte en forme d'éventail *(fig. 58)*.

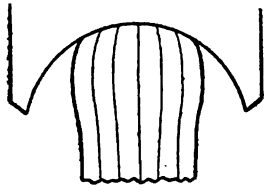


Fig. 57.

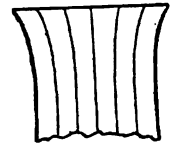


Fig. 58.

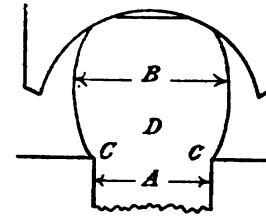


Fig. 59.

Les photographies *(fig. 71, 72 et 73)* montrent nettement cette différence, le rivet du milieu est écrasé à la machine et les deux autres rivets le sont au marteau.

La partie inférieure A de la pointe *(fig. 59)*, celle qui correspond à l'entrée du trou de la pièce à river, ne peut se gonfler sous la pression que jusqu'à ce qu'elle ait atteint le diamètre de ce trou.

La partie médiane B qui n'est pas maintenue et ne subit pas de frottement, continue à s'écraser sous la pression, il apparaît en C un bourrrelet en forme de congé. La partie B augmentant de diamètre exige une pression croissante pour continuer l'écrasement, cette pression plus élevée comprime la tige qui, si elle n'est pas trop refroidie, peut se renfler et remplir des cavités, le congé C sera étiré comme au passage d'une filière et cédera du métal pour des remplissages internes; mais ce bourrelet C est déjà refroidi au contact du fer, c'est le centre D plus chaud qui fournit le plus de matière. Pour vérifier ce fait, j'ai percé des trous également espacés tout le long de la tige du rivet et dans le même plan diamétral, puis, après avoir bouché ces trous avec des fils d'acier et effectué l'écrasement du rivet, j'ai pratiqué un sciage suivant le plan de ces broches; celles-ci ont apparu incurvées, s'infléchissant au centre plus qu'aux bords, ce qu'il est facile de constater à la partie supérieure du corps des rivets *(fig. 66, 67, 68 et 69)*.

Si le corps de la tige est plus refroidi ou frotte trop par suite d'une grande surface de contact de la tige du rivet et de la paroi du trou, ou d'anfractuosités dont la tige refoulée a déjà pris la forme, il faut une plus grande pression pour faire refluer la tige;

cette plus grande pression n'est atteinte que par une augmentation du diamètre B puisque j'ai montré que le produit de la résistance élémentaire par la section était commun à toutes les tranches; mais alors le congé C s'accentue et s'oppose à la descente et il arrive un moment où le bourrelet ne peut plus s'étirer pour passer dans le trou; il forme une hernie circulaire qui s'écrase en s'étalant sur la face de la pièce à river *(fig. 60)*. Il est clair qu'à partir de ce moment la pression de la bouterolle, si grande soit-elle, ne peut plus faire pénétrer le métal dans le trou à remplir.

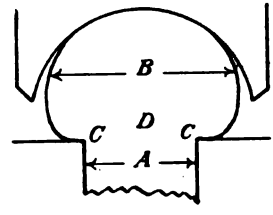


Fig. 60.

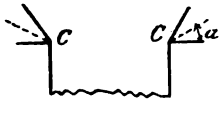


Fig. 61.

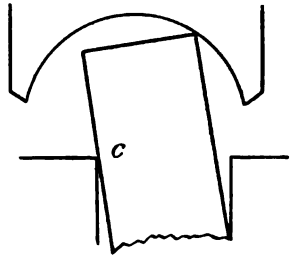


Fig. 62.

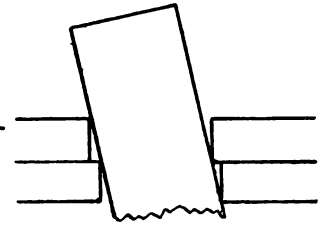


Fig. 63.

Le seul effet, dans ce sens, qu'elle puisse produire, c'est de serrer les tôles par une pression énergique et de rapprocher les

Fig. 64. — Rivetage après brochage.

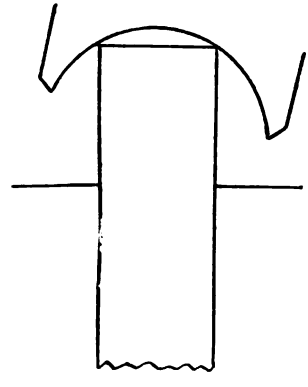


Fig. 65.

deux têtes du rivet d'une quantité correspondant à ce qu'a produit le rapprochement des tôles, mais cette quantité n'est pas

assez importante pour compter dans le remplissage des cavités; celui-ci doit être effectué dès le début de l'écrasement de la tête et lorsque le congé *c (fig. 61)* approche de la surface de la pièce et ne laisse qu'un petit angle *a* d'écartement, il ne peut que s'écraser au dehors sans laisser glisser de métal dans le trou.

FIG. 66.

FIG. 67.

Rivets écrasés mécaniquement.

Pour favoriser le refoulement du métal, il faut que la résistance à l'écrasement de la pointe, soit la plus grande possible pour permettre de refluer du métal sous une plus grande pression et comme cette résistance est le produit de la résistance élémentaire par la section, il faut que la pointe soit le moins chaud possible; juste ce qui est nécessaire pour laisser faire l'écrasement sans se

criquer, et donner au collet de la pièce à river une entrée en forme d'entonnoir par un chanfrein.

Ce chanfrein a d'ailleurs un triple avantage : 1° Il permet au métal de refluer, dans le trou, plus facilement et plus longtemps que si l'entrée du trou est à vive arête; 2° Il effectue, comme le

Fig. 68.

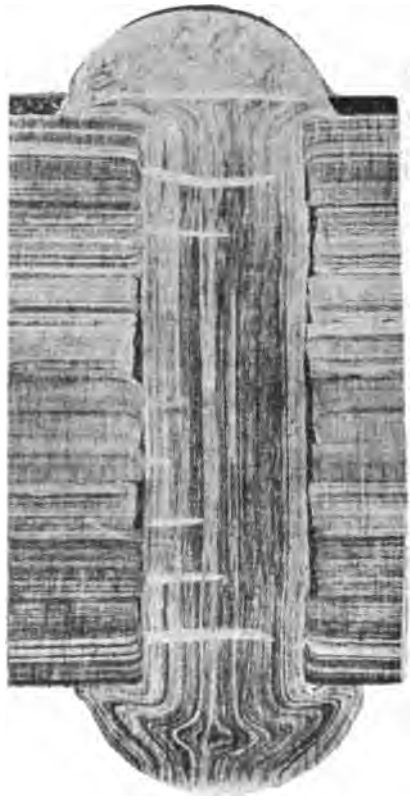


Fig. 69.

Rivets écrasés mécaniquement.

ferait une filière, la rétreinte du bourrelet avec un travail minimum et un moindre écrouissage; 3° Il augmente sensiblement la section de la tige dans la partie faible du rivet et lui donne une résistance beaucoup plus grande.

Une condition nécessaire pour contribuer au remplissage du trou, c'est de refouler le rivet, bien dans son axe, car si la pointe du rivet est poussée de biais *(fig. 62)* le congé C se ferme de suite

du côté où la tige s'incline et le refoulement intérieur devient impossible.

Fig. 70. — Rivetage de deux tôles écartées.

Cette inclinaison peut être occasionnée par deux causes différentes;

1° Dans le cas d'une faible épaisseur à river, deux tôles par exemple, mais dont les trous ne coïncident pas; *(fig. 63)* pour faire le passage de la tige du rivet, on *broche* en enfonçant à coups de marteau une tige d'acier de forme conique. La figure 64 est la photographie d'un rivetage ainsi effectué.

2° Dans le cas d'une présentation inclinée de la bouterolle *(fig. 65)*.

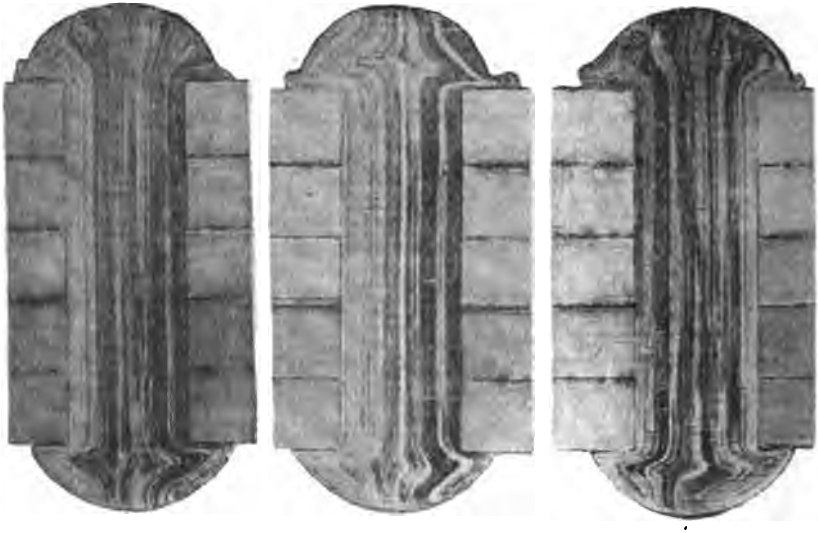


Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

Rivets de charpente écrasés à la main et à la machine.

Les photographies *(fig. 66, 67 et 69)* montrent le résultat de ce rivetage défectueux.

Le rivetage *(fig. 66)* a été fait avec une riveuse hydraulique

mobile, dite crocodile, dont la trajectoire des bouterolles est curviligne : le rivetage *(fig. 67)* avec une riveuse hydraulique mobile, dont la trajectoire des bouterolles est rectiligne.

Le rivetage *(fig. 69)* a été fait par une riveuse fixe à organes cinématiques rigides, analogue aux poinçonneuses à excentrique et volant; la pièce à river suspendue à un pont roulant était mobile.

Dans ces trois cas le rivetage a été défectueux, malgré le très grand soin apporté par d'habiles ouvriers, les pointes des rivets ont été couchées et les têtes déportées sur le côté.

Le rivetage *(fig. 68)* effectué avec une riveuse à vapeur munie d'un *presseur* a produit une tête refoulée bien dans l'axe, mais

Fig. 74. — Rivets écrasés à la main.

le corps n'a pas complètement rempli le trou, parce que la manœuvre a été longue, le corps du rivet s'est refroidi rapidement au contact des tôles.

L'usage du presseur a le double avantage de serrer d'abord fortement les tôles et de les bien rapprocher avant le commencement du rivetage, et ensuite de maintenir la pièce bien normalement à la riveuse, si cette dernière est fixe, ou bien la riveuse normalement à la pièce, si c'est la riveuse qui est mobile.

Lorsque les tôles sont insuffisamment rapprochées avant le rivetage, le corps du rivet se gonfle dès le début de la pression et forme entre les tôles un bourrelet qui empêche le rapprochement complet malgré la grande pression à la fin du rivetage; la photographie *(fig. 70)* montre ce rivetage défectueux.

Au point de vue de la bonne fabrication, l'avantage de la riveuse mécanique réside surtout dans la possibilité qu'elle donne de river vite, le corps du rivet n'a presque pas le temps de se refroidir et il se refoule facilement dès le début de l'écrasement, les pressions finales ne pouvant opérer ce refoulement, comme le prouvent les photographies *(fig. 66, 67, 68 et 69)*.

Fig. 75.
Rivets de chaudière écrasés à la machine.

Quand les trous sont bien percés, quand la paroi est assez lisse pour permettre au métal de glisser facilement, quand le rivet est convenablement chauffé, que les dispositions opératoires sont bonnes, c'est-à-dire que le rivet peut être facilement introduit et vivement contre-buté par le tas, le rivetage à la main est aussi parfait que le rivetage à la machine.

Si l'on considère les photographies *(fig. 71, 72 et 73)* représentant un rivetage de charpente, dans lequel deux rivets sont posés à la main et un à la machine, il serait impossible de désigner ceux qui sont écrasés à la main, si ce n'était visible par l'épanouissement en éventail de la partie extrême de la tête; et cependant l'épaisseur rivée est de 70 *mm* et le diamètre des rivets de 20 *mm*.

La figure 74 est la photographie d'un rivetage de chaudronnerie effectué à la main et la figure 75 la photographie d'un rivetage à la machine.

Je crois donc qu'il ne faut pas être absolu dans le choix d'un système de rivetage, car on peut river bien à la main comme à la machine, et on ne rive pas forcément toujours bien à la machine, comme le prouvent les quatre rivets représentés *(fig. 66, 67, 68 et 69)* qui ont été posés dans quatre usines différentes, utili-

sant des machines de types différents, par les plus *habiles ouvriers* de l'atelier et en la présence des contremaitres et des ingénieurs.

Il est bien entendu qu'il ne s'agit ici que du rivetage ordinaire ne dépassant pas pour les rivets un diamètre de 25 *mm* et une épaisseur à serrer de 80 à 100 *mm* pour la charpente.

Pour les rivetages plus importants la machine est indispensable, car les frappeurs ne pourraient procéder assez rapidement.

CHRONIQUE

N° 215

Sommaire. — Le moteur thermique rationnel de Diesel. — La vitesse sur les tramways *(suite et fin)*. — Installation de force hydraulique. — Accidents d'ascenseurs. — Une grande drague américaine. — Les plus grandes formes sèches du monde.

Le moteur thermique rationnel de Diesel. — On a signalé récemment l'apparition en Allemagne d'un nouveau moteur à combustion intérieure, le moteur Diesel et nous croyons intéressant de nous en occuper ici, d'abord parce que ce moteur, basé sur des idées neuves et ingénieuses, paraît appelé à un grand avenir et aussi parce qu'il est dû à un membre de notre Société.

Le moteur Diesel diffère par beaucoup de points des moteurs à combustion intérieure connus jusqu'ici et il s'en distingue à première vue par une particularité curieuse, l'absence complète de moyen artificiel d'inflammation du mélange de combustible et d'air. On peut le comparer *grosso modo* à un briquet pneumatique. On ne manquait jamais autrefois (nous ignorons s'il en est toujours de même aujourd'hui) de présenter cet appareil dans les cours de physique et de démontrer comment, si l'on refoulait brusquement le piston dans le corps de la pompe, l'élévation de température de l'air amené par sa compression suffisait pour enflammer un fragment d'amadou, mais nous ne croyons pas qu'on ait jamais fait remarquer aux auditeurs que le piston se trouvait ramené en sens inverse avec une beaucoup plus grande force ayant à subir à la fois la pression de l'air comprimé par le mouvement précédent et la pression due à la dilatation de cet air par la combustion de l'amadou. C'est là le principe du moteur Diesel.

Avant de décrire le nouveau moteur et les résultats qu'il donne, nous indiquerons rapidement les étapes par lesquelles a passé sa création.

Les principes de la construction du moteur Diesel ont été exposés dans une brochure parue en janvier 1893, chez Julius Springer, à Berlin et intitulée « Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel pour remplacer les machines à vapeur et les moteurs actuels à combustion intérieure, par Rudolf Diesel, Ingénieur». Cette brochure indiquait comment on pouvait réaliser un moteur transformant le calorique en travail avec un rendement très supérieur à ce qu'on obtient actuellement. L'auteur exposait qu'on pouvait tendre à une consommation théorique de charbon de 112 *g* par cheval et par heure.

Cette brochure attira vivement l'attention; elle a été l'objet d'une analyse du professeur Gutermuth, de l'École technique supérieure de Darmstadt dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 1893, page 291. Les idées de M. Diesel furent discutées et souvent critiquées. Beaucoup de personnes compétentes, tout en les trouvant rationnelles

craignaient qu'elles ne pussent être réalisées dans des conditions suffisamment pratiques.

L'auteur ne se laissa pas ébranler par ces objections et, avec l'encouragement de plusieurs savants et l'appui matériel de grands industriels parmi lesquels M. F. Krupp, MM. Sulzer frères, Carels frères, etc., et de la fabrique de machines d'Augsbourg, il parvint, après plusieurs tentatives, à créer un moteur dont les résultats pussent être mis devant le public et, à la réunion générale annuelle de l'Association des Ingénieurs allemands, à Cassel, il exposa le 16 juin dernier, le point où en était arrivé la question. La communication de M. Diesel a été publiée dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, nos des 10 et 17 juillet 1897 et c'est dans cette communication et dans une autre faite dans la même séance par le professeur M. Schröter, de l'École technique supérieure de Munich et publiée dans le numéro du *Zeistchrift des Vereines Deutscher Ingénieure*, du 24 juillet dernier que nous avons puisé les éléments du présent résumé.

M. Diesel expose d'abord que, malgré les progrès très réels réalisés depuis plusieurs années, les meilleures machines à vapeur ne donnent qu'un rendement thermique très peu élevé; ainsi, si on prend parmi elles les plus perfectionnées tels que le moteur à triple expansion de la filature de Göggingen construit par la fabrique de machines d'Augsbourg et la machine à très grande surchauffe de Schmidt, on trouve que la première consomme 3576 calories pour donner un cheval indiqué, ce qui constitue un rendement de 12,1 0/0 et la seconde 3 281 calories soit un rendemement de 13,19 0/0. Ces valeurs paraissent être très voisines de la limite qu'on peut atteindre et la machine à vapeur semble devoir être peu perfectible maintenant; elle a, en effet, contre elle trois points faibles : 1° la production de la vapeur entraine une perte inévitable qui varie de 20 à 30 0/0; 2° son cycle thermique a un faible rendement et 3° la vapeur est trop sensible à l'action des parois métalliques des conduites et des cylindres.

L'auteur explique comment, par une étude approfondie des divers moyens par lesquels on peut transformer la chaleur en travail, il a été conduit à recourir à l'emploi de l'air comme corps travailleur et en même temps comme corps comburant, c'est-à-dire au procédé déjà connu de la combustion dans le cylindre même, mais dans des conditions permettant une meilleure utilisation du combustible que jusqu'ici.

Il est nécessaire, pour l'intelligence des principes sur lesquels repose le moteur dont nous nous occupons, d'entrer dans quelques considération sur la température d'inflammation et la température de combustion qui jouent un rôle essentiel.

La première est celle à laquelle le combustible doit être porté pour qu'il s'enflamme. La température de combustion est celle qui se produit, après l'inflammation, pendant la combustion et par l'effet de celle-ci.

Ainsi la température d'inflammation d'une allumette qu'on frotte est de très peu supérieure à la température ordinaire, tandis que la température qui se produit pendant la combustion peut atteindre 800° et plus.

La température d'inflammation ne dépend que des propriétés physiques et elle est d'autant plus basse que la pression sous laquelle a lieu

l'inflammation est plus élevée, tandis que la température de combustion dépend de diverses circonstances et entre autres de la quantité d'air employée à la combustion. Jusqu'ici, on n'appliquait à la production du travail moteur par la combustion interne qu'un seul procédé, la production de la température de combustion après l'allumage par la combustion même et pendant celle-ci.

Les principes posés par M. Diesel pour la transformation du calorique en travail sont absolument différents. Les voici :

1° La température de combustion ne doit pas être produite par la combustion et pendant celle-ci, mais avant et indépendamment d'elle, avant l'allumage et uniquement par la compression mécanique d'air pur;

2° Pour la combustion rationnelle, on ne doit pas recourir à l'emploi du cycle parfait en comprimant l'air, d'abord par action isothermique jusqu'à 2 ou 4 *atm*, ensuite par compression adiabatique jusqu'à une pression 30 ou 40 fois plus forte, mais on doit opérer uniquement par compression adiabatique. On peut ainsi produire la température de combustion avec des pressions d'air de beaucoup inférieures à celles qu'exigerait la compression suivant le cycle de Carnot, 30 ou 40 *atm* au lieu de 100 ou 200, ce qui permet d'opérer dans des conditions réalisables en pratique;

3° Pour obtenir une combustion rationnelle, il faut, dans la masse d'air comprimée adiabatiquement à la température de combustion, introduire le combustible graduellement, de manière à absorber à l'état naissant le calorique produit graduellement par la combustion au moyen d'une détente convenable amenant un refroidissement mécanique des gaz, pour avoir une période de combustion à peu près isothermique ;

4° Tandis qu'avec les idées généralement admises, la combustion doit se faire avec le minimum d'air, au contraire il est nécessaire d'introduire un très grand excès d'air, excès qui doit être d'ailleurs réglé théoriquement pour chaque cas.

La note de M. Diesel donnait le schéma d'un moteur basé sur les principes qui viennent d'être exposés. Nous ne nous arrêterons pas à cette disposition de principe pas plus qu'à celle de la première machine construite et nous passerons de suite à la description d'un moteur de 20 *ch* qui fut fait ensuite et qui fut essayé au commencement de 1897. C'est sur ce moteur qu'ont été exécutés les essais dont nous parlerons plus loin. Nous devons nous borner, en l'absence de figures, à faire comprendre, aussi clairement que possible, les dispositions essentielles de ce moteur sans entrer dans les détails des diverses parties.

Le moteur est disposé verticalement avec le cylindre à la partie supérieure. Il est à simple effet et la tige du piston qui sort par le bas a sa tête guidée par des glissières et commande par une bielle le coude central d'un arbre portant un volant et placé près du sol. Une petite bielle commandée également par la tige du piston actionne un balancier du deuxième genre relié à la tige d'une pompe à air verticale dont la course se trouve ainsi à peu près la moitié de celle du piston moteur. Cette pompe, également à simple effet, refoule l'air dans un réservoir de faible capacité placé à côté du cylindre. L'arbre du volant, par une

série de roues d'angle et un arbre de transmission incliné, commande un arbre de distribution horizontal disposé latéralement au cylindre et à la partie supérieure de celui-ci. Cet arbre porte des cames qui actionnent les soupapes nécessaires à la marche de la machine.

La pompe à air et le cylindre moteur sont entourés d'une enveloppe à circulation d'eau. La présence de cette enveloppe paraît être un peu en contradiction avec les principes posés plus haut et on avait cru pouvoir s'en passer; on y est revenu pour des raisons pratiques, mais, d'après l'auteur, cette enveloppe ne doit pas être considérée comme un défaut, mais comme une nécessité indiquée par la théorie, comme le condenseur des machines à vapeur.

Ceci compris, voici comment fonctionne le moteur.

Supposons le piston en haut de sa course; en descendant il aspire l'air extérieur par une soupape et le corps de pompe se remplit; quand le piston remonte, toujours sous l'action du volant, il comprime l'air contenu dans la partie supérieure du cylindre; lorsqu'il est parvenu à la fin de sa course, une aiguille s'ouvre sous l'action d'une came et du pétrole injecté par l'air du réservoir dont il a été question plus haut, air qui est à une pression supérieure à celle de l'air contenu dans le cylindre pénètre dans celui-ci et s'enflamme spontanément à la faveur de la température relativement élevée de l'air. Le piston descend sous l'action de la pression due à la fois à la compression et à la combustion et de la détente des gaz; enfin, le piston en remontant expulse par une soupape levée par une came, les gaz produits par la combustion. C'est, en somme, un cycle à 4 temps avec un coup simple d'effet utile par deux tours du volant.

L'air contenu dans le réservoir sert à l'injection du pétrole et de plus il est utilisé pour la mise en marche du moteur qui s'opère instantanément et sans aucune difficulté. Le réglage de la vitesse se fait par un régulateur qui met en prise avec la commande de l'aiguille d'injection du pétrole différentes cames donnant une plus ou moins longue durée d'injection et variant, par conséquent, la quantité de combustible fournie à chaque coup.

Dans le mémoire dont nous nous occupons ici, M. Diesel expose avec de nombreux diagrammes d'indicateur à l'appui, comment il a fallu une longue période de tâtonnements pour arriver à régler les éléments de la production de la puissance de manière à avoir une combustion tranquille et sûre, des diagrammes nourris, une absence complète de ratés et, surtout, à produire la marche à vide. Une solution parfaitement satisfaisante a été obtenue dès le commencement de 1897 et a pu être constatée par de nombreuses expériences faites sur le moteur, soit par des professeurs, soit par des délégués d'établissements industriels, au nombre desquels nous mentionnerons particulièrement M. Ed. Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole nationale des Mines, et nos Collègues, MM. P. Carié, Dyckhoff et Merceron.

(A suivre.)

La vitesse sur les tramways *(Suite et fin)*. — Toutes les réponses fournies au sujet de la traction mécanique, disent que les autorités

fixent d'une façon absolue la vitesse maxima. Les administrations des sociétés ont la faculté de faire varier la vitesse en dedans de ces limites, à moins qu'il n'existe encore des prescriptions spéciales des autorités pour certains cas particuliers. Comme il appert de la réponse de la Société Nationale des Chemins de fer Vicinaux, l'administration a été consultée lorsqu'il s'est agi de fixer les limites de la vitesse, et les prescriptions ont été formulées de façon à donner satisfaction aux deux parties.

Cette façon de procéder paraît recommandable et l'auteur voudrait formuler à ce sujet le vœu de voir soumettre à une revision, en prenant l'avis de tous les intéressés, les dispositions réglementaires relatives à la vitesse, primitivement adoptées dans un esprit de prudence par les autorités pour les chemins de fer vicinaux nouvellement établis, lorsqu'une fois ces chemins de fer se seront faits aux conditions locales et que les voyageurs et le public se seront familiarisés avec ce nouveau mode de transport; il conviendrait, en outre, que des revisions de l'espèce fussent renouvelées de temps en temps à des intervalles pas trop éloignés. Une telle mesure suffirait pour en arriver successivement à une solution satisfaisante de cette question si importante au point de vue de l'exploitation.

Il est évident que lorsqu'un chemin de fer existe, à la longue il se manifeste (en général) le désir d'en voir augmenter la vitesse. Tout le monde est d'accord pour dire que les recettes augmentent avec la vitesse et c'est bien là une preuve, que cette augmentation de vitesse répond au désir du public. D'autre part, il n'a pas été constaté que le nombre des accidents se soit accru là où une augmentation de vitesse a été autorisée, et on doit, d'accord avec la Société des Chemins de fer d'intérêt local de Crefeld à Uerdingen, attribuer ce fait à la circonstance que le public se familiarise de plus en plus avec ces moyens de transport.

Ce qui a été dit jusqu'ici se rapporte aux lignes de banlieue. En ce qui concerne les lignes à l'intérieur des villes, l'auteur ne peut entrer ici dans tous les détails et se bornera à rappeler que, pour les tramways de ville à traction mécanique, les prescriptions de Hambourg paraissent recommandables. Ces prescriptions autorisent des vitesses de 6, 12 et 18 *km* à l'heure, suivant la nature des rues et leur trafic. Pour les tramways électriques d'Aix-la-Chapelle, situés en partie dans la ville et dans les faubourgs, la vitesse maxima autorisée est de 12 et 16 *km* à l'heure. Le tramway électrique de Gera n'est pas autorisé à dépasser la vitesse de 12 *km* à l'intérieur de la ville et de 20 à l'extérieur. Les tramways de Zwickau sont autorisés à marcher à 12 *km* à l'intérieur et à 16 à l'extérieur de la ville et atteignent ainsi actuellement une vitesse commerciale de 9,6 *km*.

Comme on a pu le constater déjà dans les réponses données par les sociétés qui exploitent des lignes à vapeur, on peut signaler aussi dans les réponses des sociétés possédant des lignes à traction mécanique et notamment à traction électrique dans les villes, le désir de voir augmenter les vitesses prescrites actuellement.

On peut reconnaître que ce désir est justifié, mais on ne peut pas donner tort, par contre, aux autorités soucieuses de la sécurité publique,

lorsqu'elles mettent au début un certain frein aux désirs des jeunes entreprises, jusqu'à ce que les agents de l'exploitation, les voyageurs et les passants se soient familiarisés avec le nouveau mode d'exploitation. Les progrès réalisés dans les moyens de communication et notamment l'application de l'électricité à la traction des tramways, tendent à modifier profondément la nature de la circulation dans les villes. Les autorités et les administrations de tramways ont donc parfaitement raison de n'aller de l'avant qu'avec prudence; il importe, toutefois, que les premières prescriptions ne restent pas en vigueur d'une façon définitive et il faut, au contraire, que ces règlements primitifs soient revisés le plus tôt possible, avec le concours de tous les intéressés et appropriés aux circonstances nouvelles.

Il importe d'éviter aussi que de petits inconvénients, inséparables de tout progrès viennent en enrayer le développement et il y a lieu surtout de laisser aux exploitations de tramways une certaine liberté, parce qu'en tenant compte à la fois de leurs intérêts et de la responsabilité qui leur incombe, elles arriveront nécessairement à satisfaire aux conditions d'intérêt général.

Contrairement à ce qui se passe partout pour les tramways à traction mécanique où la vitesse maxima est strictement limitée, ce n'est qu'exceptionnellement qu'il existe des prescriptions de l'espèce quand il s'agit de tramways à traction animale.

Il y a pour cela une bonne raison, c'est que la vitesse de marche des chevaux est relativement fort limitée.

Aux tramways de Francfort, la vitesse commerciale varie suivant les lignes de 10,2 à 10,8 *km* à l'heure.

Aux tramways	de Cologne.	de 8,4 à 10,2	*km*,
—	de Florence.	— 9,9	*km*,
—	de Magdebourg. . . .	— 9,5	*km*,
—	de Heidelberg	— 8	*km*,
—	de Prague	— 7,5	*km*.

Ces chiffres montrent combien est grande la différence dans la vitesse pour les tramways à chevaux.

Les réponses qui sont parvenues apprennent, en outre, que l'augmentation progressive de la vitesse dans les exploitations à traction animale a exercé une influence considérable sur l'amélioration des recettes et c'est là un fait dont on a pu se rendre compte surtout depuis l'introduction de la traction électrique. Ce sont les tramways de Francfort qui ont été les premiers à reconnaître cet avantage et à en tirer parti; il faut dire cependant qu'à l'augmentation de la vitesse a correspondu non seulement un accroissement de recettes, mais aussi un accroissement de dépenses; quant à cette dernière, la Société des Tramways de Francfort évalue à 30 % l'usure plus rapide des chevaux, mais en somme l'augmentation des recettes est supérieure à l'augmentation des dépenses.

Pour les grands chemins de fer et les lignes de banlieue, les résultats heureux réalisés par l'augmentation de la vitesse consistent presque exclusivement en une économie de temps ; pour les tramways et notamment pour les tramways à chevaux, il y a lieu de tenir compte, en outre, d'un

autre facteur qui a bien son importance, c'est-à-dire de la satisfaction qu'on éprouve à rouler vite. A l'intérieur des villes animées, la grande masse des voyageurs ne parcourt, avec les tarifs réduits actuellement en usage, que de petites distances. Le temps que l'on gagne dans ces conditions, lorsqu'on marche à 10,5 *km*, c'est-à-dire une vitesse très grande pour une exploitation à chevaux, au lieu de marcher à 8,5 *km* que l'on peut considérer comme une vitesse moyenne, n'est que de quelques minutes et cette économie de temps ne semble pas constituer un avantage bien décisif. Par contre, lorsqu'on passe de la vitesse de 8,5 *km* à celle de 10,5 *km*, le caractère général de l'exploitation subit une modification très appréciable; l'allure du cheval qui était au petit trot traînant devient un trot accéléré; contrairement à ce qui arrivait précédemment, les voitures des tramways dépassent les fiacres et les autres véhicules et rejoignent plus souvent les piétons qui marchent dans le même sens qu'elles.

Tout le trafic devient plus actif et plus vivant, ce qui engage le voyageur à faire usage des voitures. C'est à cette considération qu'il faut attribuer, selon l'auteur, une partie essentielle du succès de l'augmentation de vitesse réalisée sur les tramways urbains. Le plaisir que procure à l'homme aisé une promenade en brillant équipage, le peuple le trouve dans une course rapide en tramway.

De ce qui précède, on peut conclure qu'il est recommandable de tendre à porter, pour l'exploitation par chevaux, la vitesse à 10 *km* et même au delà dans certaines circonstances. Ce résultat ne peut être atteint à l'intérieur des grandes villes où le trafic est considérable et où le public qui fréquente les voitures se renouvelle souvent que si l'on établit des points d'arrêt fixes, en supprimant l'arrêt à la demande des voyageurs.

Si on essaye, pour terminer, de formuler des conclusions basées sur les matériaux dont on dispose pour l'étude de la question de la vitesse, on pourra le faire d'une manière générale et abstraction faite de cas particuliers comme suit :

a) *Pour des tramways à vapeur en service de banlieue* ou reliant entre elles des localités éloignées, on peut admettre, avec des voies bien conditionnées, une vitesse maxima de 30 *km* à l'heure, qui devra être réduite, suivant les circonstances, à l'intérieur des agglomérations et aux points dangereux de la ligne, étant entendu qu'une vitesse de 12 *km* ne présente aucun danger dans les agglomérations.

Il est recommandable que ces limites générales soient fixées par l'autorité supérieure et que les autorités locales, d'accord avec l'administration du tramway, règlent les détails, tout en laissant à celle-ci le plus de liberté possible. Il est recommandable, en outre, de soumettre après des intervalles de temps pas trop longs, après que le moyen de transport s'est accommodé aux conditions existantes, la question de la vitesse à une revision, en tenant compte de la considération que la tendance constante du progrès doit consister toujours à augmenter la vitesse.

b) *Pour les tramways électriques*, les règles énoncées sous la lettre (a) paraissent devoir trouver aussi leur application, lorsque ces tramways sont affectés au même service que les précédents, c'est-à-dire au service

de banlieue. Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'un trafic urbain, il paraît recommandable, abstraction faite de certaines circonstances spéciales, d'adopter une vitesse commerciale de 12 à 18 *km* à l'heure, selon la nature des rues desservies. Nous répétons ici ce que nous avons dit précédemment au sujet de l'intervention des autorités dans la détermination de ces vitesses.

c) *Pour les autres exploitations mécaniques de tramways*, nous estimons que ce que nous avons dit sous (a) et (b) s'y applique également, selon que ces exploitations, par leur nature ou leur fonctionnement, se rapprochent plus de l'un ou de l'autre des deux types précédents.

d) *Quant à l'exploitation par chevaux*. la pratique actuelle est bonne; il y a lieu de faire remarquer, toutefois, qu'il est recommandable d'augmenter la vitesse autant que possible.

Les conclusions que nous venons de reproduire sont celles qui ont été adoptées par l'assemblée générale; elles sont conformes à celles du rapporteur M. Geron, avec l'introduction d'une ou deux légères modifications.

Installation de force hydraulique. — Nous trouvons dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes*, un intéressant article de M. W. Grenier, professeur à l'École d'Ingénieurs de Lausanne, sur l'installation de la force hydraulique à la filature de coton de Campione, en Lombardie, installation qui constitue un progrès des plus remarquables dans cette industrie.

On sait que dans les filatures de coton on est généralement conduit à l'emploi d'un moteur unique ou tout au moins d'un groupe de moteurs accouplés ensemble pour commander de concert les trois transmissions principales, celle du battage, celle de la préparation et celle du filage proprement dit, parce que les métiers à filer ont une résistance excessivement variable et qu'on ne pourrait empêcher des différences de vitesses préjudiciables à la qualité des fils si on commandait ces métiers par un moteur indépendant, à moins que ces moteurs ne possèdent une précision de réglage toute particulière. Jusqu'ici, on évitait cette difficulté en conjuguant ensemble les transmissions des divers services, ce qui diminuait considérablement l'importance des variations de travail. Mais depuis les perfectionnements apportés à la construction des régulateurs de précision, on a pu songer à arriver à l'emploi de moteurs indépendants.

C'est une application de ce genre qui a été faite à la filature de coton de Campione, sur les bords du lac de Garde, appartenant à MM. Feltrinelli et C^ie^, de Milan et dont l'installation a été faite par les Ateliers de construction de Vevey.

La force motrice est produite par une chute de 119 *m* débitant au minimum 900 *l* par seconde, soit une puissance brute de près de 1 400 *ch*. L'eau est amenée à l'usine par une conduite en tôle d'acier de 800 *mm* de diamètre et de 233 *m* de longueur.

La mise en œuvre de l'établissement exige la force suivante :

Éclairage électrique	100 *ch*
Battage	70
Préparation	300
Filage	500
Ensemble	970 *ch*

En admettant un rendement moyen de 75 0/0 pour les moteurs, on arrive à trouver un travail brut de 1 300 chevaux.

Si on laisse de côté la turbine qui dessert l'éclairage électrique, pour laquelle on n'était soumis à aucune sujétion, on a dû se préoccuper pour les trois autres moteurs de combiner les convenances respectives de la transmission et du moteur, et on y est arrivé d'une façon aussi originale qu'ingénieuse.

Les transmissions ayant leur axe à 4,20 *m* au-dessus du sol, les turbines ont été montées de manière à les commander directement; elles sont à axe horizontal et cet axe coïncide avec celui des arbres de transmission. Le nombre de tours est le même, 290 par minute et, de plus, chaque turbine est au milieu de la ligne d'arbres, ce qui a permis de donner à ceux-ci des dimensions plus réduites que si les moteurs eussent attaqué les transmissions par leur extrémité.

Chaque turbine est montée sur une colonne creuse en béton qui sert à la fois de support et de tuyau de fuite et qui communique avec le canal général d'évacuation. La différence de niveau est de 7,20 *m*; la colonne liquide suspendue dans le vide intérieur engendre une dépression qui est proportionnelle à sa hauteur et qui règne dans l'enveloppe de la roue de la turbine. Pour que celle-ci tourne dans l'air et non dans de l'eau, on donne continuellement accès dans la cage à une petite quantité d'air pris à l'extérieur, et réglée automatiquement de manière que le niveau de l'eau n'atteigne jamais le dessous de la roue.

Les turbines sont accouplées aux arbres par des manchons du système Cachin, dans lesquels une courroie continue passe sur des galets appartenant alternativement aux deux plateaux qu'il s'agit d'accoupler. Les turbines sont du genre Pelton, les aubes sont d'un modèle spécial aux ateliers de Vevey, l'introduction de l'eau se fait par un orifice unique dont le régulateur règle la section à l'aide d'une vanne qui réalise un bon guidage de l'eau pour tous les degrés d'admission. Ces régulateurs sont à servo-moteur hydraulique et donnent un réglage d'une précision remarquable. C'est ainsi que la turbine de 500 *ch* qui commande les ateliers de filage peut être soumise à des variations brusques de résistance de 80 0/0 sans que la vitesse varie de 2 0/0.

Nous avons parlé plus haut d'un rendement de 75 0/0, c'était la valeur minima prévue par le cahier des charges. Les essais faits sur la turbine de l'éclairage, au moyen de mesures électriques, ont fait voir que le rendement réalisé était notablement supérieur.

Accidents d'ascenseurs. — Nous avons eu récemment l'occasion (voir Chronique de mars 1897, page 339), d'appeler l'attention sur le rôle capital que jouaient les ascenseurs dans les bâtiments à un grand nombre d'étages qui tendent à se multiplier dans les grandes villes des

États-Unis et sur les conditions de sécurité que ces appareils devraient présenter et qu'ils ne réalisent malheureusement pas toujours.

Nous trouvons dans les journaux américains le récit d'un accident arrivé à un de ces appareils et qu'il eût été très facile d'éviter par des précautions bien simples dans l'installation première.

Le fait s'est passé à l'hôtel Waldorf, à New-York, le 8 octobre dernier, à 4 heures après-midi. La cabine, contenant l'employé chargé de la manœuvre de l'ascenseur et un autre employé, descendait du 10e étage, lorsque tout à coup la vitesse se mit à augmenter considérablement en même temps qu'un bruit strident se faisait entendre. L'employé, pensant que quelque chose était dérangé, mit le levier de manœuvre au point mort, c'est-à-dire à l'arrêt. Immédiatement, la cabine remonta de 3 *m* environ pour redescendre ensuite avec une vitesse de plus en plus grande jusqu'en bas, ou elle heurta un faux plancher qu'elle enfonça avec violence et brisa un certain nombre de fils électriques. Les deux hommes furent grièvement blessés, l'un d'eux eut une jambe cassée.

L'appareil, installé par la Whittler Machine Co était du type à cylindre horizontal avec palan multiplicateur. Le 28 septembre, c'est-à-dire dix jours avant, l'ascenseur avait été visité par les inspecteurs d'une compagnie spéciale et trouvé en parfait état. On dit que les câbles de 0,018 *m* de diamètre étaient neufs.

Il semble, d'après une première enquête, que par suite d'une cause restée inconnue, les câbles se seraient brisés près de leur attache fixe (1) Dès lors la cabine n'était plus retenue que par le frottement des câbles dans les gorges des poulies. Ce fait explique facilement l'accélération de la descente et le bruit particulier qui se produisirent. Il explique également pourquoi les parachutes n'ont pas agi, ceux-ci étant disposés pour entrer en action par la suppression de la tension du câble à l'attache de la cabine. Au contraire un frein mis en œuvre par un régulateur à force centrifuge dès que la vitesse dépasse une certaine limite eût fonctionné dans ces conditions et eût prévenu la chute de la cabine.

C'est ce qu'on a pu constater dans un autre cas survenu à peu près à la même époque et dans des conditions bizarres également à New-York.

Un ascenseur des Bowling Green Buildings descendait du 16e étage cinq personnes dont plusieurs d'une corpulence peu ordinaire (ce qu'on appelle en Amérique des 250 livres, comme nous disons des 100 *kg*), dont l'un blessé gravement au genou était couché sur le plancher. Au 13e étage trois autres voyageurs prirent place dans la cabine et celle-ci se trouvant surchargée se mit à descendre avec une vitesse excessive.

L'employé voulut manœuvrer le levier pour ralentir la descente, mais la position du blessé ne lui permit pas de l'atteindre. La vitesse augmentant toujours, le régulateur centrifuge entra en fonction et fit jouer

(1) Il est facile de comprendre que le câble fixé à son extrémité passait sur une série de poulies formant palan fixées à la tige du piston hydraulique, de sorte que la course très grande de la cabine pouvait être produite grâce à l'emploi des poulies multiplicatrices par une course très modérée du piston, le dixième de celle de la cabine, dans le cas dont il s'agit.

les freins qui arrêtèrent la cabine. On constata sur les guides que la cabine n'était descendue que de 4 pieds après que les pinces avaient commencé à agir.

Cet ascenseur était calculé pour une vitesse normale de 3 *m* par seconde et les freins entraient en action dès que la vitesse atteignait 3.60 *m*.

Dans un accident arrivé, toujours à New-York, dans une énorme construction à l'angle de Spruce Street et de Nassau Street, le 10 septembre, la cabine portant deux employés fut brusquement enlevée du 2e étage au sommet de la cage, puis précipitée de là sur le sol ou elle se brisa en broyant les hommes. Il y avait un régulateur centrifuge, mais il n'avait pas fonctionné parce que le mécanicien chargé de la surveillance des appareils l'avait mis hors de service pour une réparation. Cet exemple n'infirme donc en rien ce qui précède.

Une grande drague américaine. — La Société Osgood, d'Albany, bien connue pour la construction des dragues du système américain, construit un appareil de ce genre de dimensions considérables pour les travaux du brise-lames de Buffalo. La coque a été mise à l'eau le 13 août dernier; elle est en bois et mesure 43,50 *m* de longueur sur 12 *m* de large et 3,80 *m* de creux; il est entré dans la construction de l'appareil 700 m^3 de bois.

La cuillère du type dit clamshell, c'est-à-dire avec des mâchoires qui se referment d'elles-mêmes par le mouvement de relevage de la cuillère, peut prendre à la fois 7,5 m^3 de matières. Elle est attachée à deux câbles de 30 *mm* de diamètre et peut opérer à 24 *m* au-dessous du niveau de l'eau. Le moteur est une machine à condensation avec deux cylindres de 0,47 *m* de diamètre et 0,61 *m* de course commandant le treuil de la cuillère avec deux renvois l'un de 3 à 1 l'autre de 6 à 1.

Les amarres qui servent à fixer la drague s'attachent à la coque à 3 *m* au-dessous de la surface de l'eau, de manière à ne pas gêner le passage des bateaux à vase, remorqueurs, etc.

Cette drague a reçu le nom de *Fin Mac Cool*, du nom du héros d'une légende irlandaise qui était l'homme le plus fort qui eût jamais existé. Elle devait être terminée pour le 1er novembre.

Les plus grandes formes sèches du monde. — D'après un rapport consulaire dont l'*Engineering Record* donne le résumé, les longueurs des plus grandes formes sèches du monde seraient les suivantes : Belfast, 251,60 *m;* Birkenhead, forme n° 1, 228,75 *m*, forme n° 2, 283,65 *m;* Cardiff, 183 *m;* Liverpool 234,20 *m;* Londres (Tilbury), 266,90 *m;* Newcastle (Wallsend), 158,60 *m;* Southampton, 228,75 *m;* Anvers, 130,80 *m;* Cherbourg, 155 *m;* Havre, 163 *m;* Marseille, 180 *m;* Gênes, 220 *m;* Baltimore (Simpson), 153,70 *m;* Brooklyn, forme Erié n° 1, 189,10 *m;* Erié n° 2, 155,50 *m;* Newport-News, en haut, 185,75 *m*, au fond, 170,80 *m;* Norfolk, 152,50 *m*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

SEPTEMBRE 1897

Étude expérimentale du cisaillement et du poinçonnage des métaux, par M. CH. FREMONT.

Tous nos Collègues connaissent les beaux travaux de M. Fremont, nous n'avons donc pas besoin d'appeler leur attention sur ce mémoire, d'autant plus qu'il va être complété par une prochaine communication à notre Société.

Fabrication des tôles de fer-blanc, d'après M. G. H. HAMMOND *(Iron and Steel Intitute).*

La fabrication des tôles pour fer-blanc a pris en Angleterre, principalement dans le pays de Galles et dans le Monmouthshire une importance telle qu'en 1891 l'exportation atteignait 450 000 *t* en nombre rond. Elle a diminué un peu depuis parce que les Etats-Unis qui importaient de très grandes quantités ont développé considérablement leur production. Il y a actuellement en Angleterre 302 usines qui fabriquent le fer-blanc.

On n'emploie plus aujourd'hui que l'acier doux. Le laminage des barres se fait avec deux paires de cylindres, une dégrossisseuse et une finisseuse. Les cylindres sont en fonte à l'air froid, coulés en coquille. On opère plusieurs réchauffages intermédiaires effectués dans des fours à réverbère chauffés de préférence au gaz.

Les tôles qui sont laminées en paquet sont séparées, soit à la main, soit par le passage entre des rouleaux qui, cintrant légèrement les tôles, brise la mince couche d'oxyde qui les réunit et les fait glisser les unes sur les autres.

Les tôles sont ensuite passées à l'acide puis lavées à l'eau pure, recuites pendant plusieurs heures dans des caisses en fer soigneusement lutées, calandrées par trois ou quatre à froid entre des cylindres parfaitement polis et sous une très forte pression, recuites de nouveau puis repassées à l'acide très faible et enfin conservées sous l'eau jusqu'à l'étamage.

Cette dernière opération se fait actuellement au moyen de machines dans lesquelles les tôles passent dans le bain d'étain entre des guides puis entre les cylindres d'un laminoir, dans un bain de graisse et d'huile de palme et dans un second laminoir. Au sortir de la machine, les tôles sont plongées à la main ou mécaniquement dans un bain de son ou de farine qui enlève la graisse, puis passées entre des cylindres

recouverts de peau et animés de vitesses différentes qui opèrent le nettoyage définitif.

Pour obtenir un bon étamage, il faut employer environ 10 *g* par mètre carré, on voit que la couche est extrêmement mince.

La fonte malléable, d'après M. Royston.

L'auteur a présenté ce travail au dernier meeting de l'*Iron and Steel Institute*. Il décrit notamment les procédés de fabrication employés à l'usine de Thomas Francis et C^ie^, à Spaarbrook, près Birmingham, et donne un grand nombre d'analyses chimiques et de résultats d'essais de résistance.

En somme, on peut employer pour adoucir la fonte blanche, deux méthodes. La première, la plus ancienne, due à Réaumur, consiste à oxyder le carbone par un chauffage prolongé en présence de minerai de fer. Le second consiste à transformer le carbone combiné en carbone graphitique. On peut opérer très rapidement. Enfin M. Royston a trouvé une nouvelle méthode dans laquelle le métal enveloppé d'une matière non oxydante est porté à une température de très peu inférieure à son point de fusion; le carbone est dissocié avec formation de paillettes de graphite qui se disséminent dans la masse métallique.

L'effet est instantané dès que la température est atteinte. L'opération ne réussit pas si la fonte contient du manganèse et du chrome; le silicium, le nickel et l'aluminium n'exercent aucune influence. On ne dit pas si ce procédé est bien pratique; il semble qu'il doit suffire de dépasser de quelques degrés la température pour perdre les pièces soumises à l'opération.

Le Pégamoïd. (Extrait de la *Revue industrielle.)*

Le pégamoïd est un produit qui paraît analogue au celluloïd et qui, appliqué aux tissus, papiers, cartons, etc., les rend imperméables, isolateurs, lavables, résistants à la graisse et aux acides et insensibles à de grands écarts de température.

Notes de mécanique.

Nous signalerons dans ces notes, un travail de M. Ewing sur les machines frigorifiques à gaz liquéfiés, la description du tachymètre Metcalf et de la machine à percer les axes d'horlogerie de H. Church.

Octobre 1897.

Les égouts de Rome, par M. Ronna.

Après avoir, dans un précédent travail, donné la description de l'alimentation d'eau de Rome ancienne et moderne, notre Collègue, M. Ronna, étudie ici, pour la même capitale, la question de l'évacuation des eaux qui ont servi aux usages domestiques ou municipaux. La configuration de la ville, la nature du sol et les conditions climatériques y donnent à la question des égouts une importance particulière.

On sait d'ailleurs que les égouts ou émissaires sont au nombre des

ouvrages pour lesquels les Romains avaient atteint la plus haute perfection. Le *cloaca maxima*, dû à Tarquin, remplit encore aujourd'hui son office. On trouve des détails intéressants sur l'établissement des égouts, leur fonctionnement et leur curage, car le déversement des eaux ne suffisait pas toujours à en assurer le nettoiement, dans la Rome ancienne.

Après l'Empire, le réseau des égouts se dégrada peu à peu et finit par s'obstruer, au grand détriment de la salubrité; la mortalité devint telle, que la population de Rome tomba, pendant le séjour des papes à Avignon, à 35 000 habitants.

Au XVI^e^ siècle, les papes entreprirent de grands travaux qui furent continués plus tard et constituèrent un système assez complet d'évacuation des eaux. Toutefois, depuis 1870, un nouveau plan d'assainissement, en vue de l'extension immédiate de la partie bâtie, a été conçu, de façon à comprendre, non seulement la construction des égouts des quartiers projetés et la coordination des anciens égouts, mais la création de débouchés indépendants des crues du fleuve et de tout système d'écluses de nature à entraver l'écoulement des eaux fluviales ou à causer le reflux des eaux souterraines. Ce plan nécessitait préalablement l'endiguement du Tibre et l'établissement de collecteurs se prolongeant en aval, hors de la ville, jusqu'à un point du fleuve convenablement choisi. L'œuvre réalisée sur ces bases est aujourd'hui assez avancée pour que l'on puisse considérer son achèvement comme prochain. On trouve, dans le travail dont nous nous occupons, la description de l'exécution des différentes parties.

Revue des progrès de l'industrie du gaz en 1897, par M. DELAHAYE.

Nous signalerons parmi les questions traitées dans cette revue : les nouvelles méthodes de travail dans les grandes usines à gaz; la transformation du matériel, les machines à charger et décharger les cornues, les fours à cornues inclinées, la manutention mécanique des charbons et du coke, l'examen des tendances actuelles, l'enrichissement du gaz en Angleterre et en Allemagne, et l'atténuation des fâcheux effets de la naphtaline (on sait que cette substance, en se condensant dans les conduites, produit des obstructions et facilite, dans les temps froids, la formation de glaçons). En Allemagne, on cherche à remédier à cet inconvénient en introduisant dans le gaz des vapeurs d'alcool à la dose de 1 *g* par mètre cube.

Le gazogène Mond et ses applications, par M. A. HUMPHREY. *(Institution of Civil Engineers.)*

Ce gazogène emploie des charbons bitumineux à bon marché et fonctionne à une température assez basse pour ne pas décomposer l'ammoniaque, ni agglomérer le charbon. Cette basse température se maintient grâce à l'injection avec l'air, d'un poids de vapeur surchauffée, double de celui du charbon brûlé. La plus grande partie de cette vapeur traverse le gazogène sans se décomposer, mais on utilise la chaleur latente laissée libre par sa condensation pour produire une nouvelle quantité de vapeur. Les gaz ammoniacaux, dégagés, à raison de 40 *kg*

par tonne, sont recueillis dans un absorbeur. Il ne se produit ni goudron, ni encrassement. La note contient des renseignements très détaillés sur le fonctionnement du gazogène Mond, sur la composition et le prix de revient du gaz obtenu.

Nouvelles expériences sur la liquéfaction du fluor, par MM. Moissan et Dewar. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Le fluor est liquéfié par l'abaissement de température obtenu par la vaporisation de l'air liquéfié, soit à environ — 187°; il ne se solidifie qu'à — 210°. La densité du fluor liquide parait être de 1,14.

Sur les impuretés des cuivres bruts, par M. Schlagdenhauffen. *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

L'auteur a constaté dans de la limaille de cuivre du Chili et de cuivre anglais de première fusion la présence d'arsenic et d'antimoine sous forme d'acide arsénieux et d'oxyde d'antimoine et celle de l'acide sélénieux.

Recherches sur **les quantités de matières fertilisantes nécessaires à la culture intensive de la pomme de terre**, par M. Aimé Girard.

Les bâtiments incombustibles aux États-Unis, d'après M. C. T. Purdy. *(American Society of Civil Engineers.)*

Cette note donne la description, avec figures et photogravures, de diverses constructions incombustibles élevées aux États-Unis et qui ont brûlé avec des dégâts plus ou moins importants. L'auteur établit de ces faits des conclusions relatives au programme à réaliser pour obtenir des bâtiments pouvant supporter l'incendie des marchandises qu'ils contiennent sans brûler eux-mêmes, l'incendie se limitant à la partie même du bâtiment où il se déclare. On y arrivera de la manière suivante : faire la façade en matériaux résistant au feu et à l'eau, pas de terre-cuite, mais de la brique, protéger à l'intérieur les fers par des poteries poreuses et non pas dures et massives, proscrire les bois plâtrés pour les cloisons, disposer des rideaux incombustibles pouvant, lorsqu'un feu se déclare, le séparer du reste des paliers dans les grands magasins.

Notes de mécanique.

Nous trouvons d'abord une note sur les entrepôts frigorifiques des London and India Docks ; ces installations considérables comportent une capacité totale de 26 000 m^3 pouvant recevoir 265 000 carcasses de moutons.

On emploie comme isolant du charbon tassé à la densité de 180 *kg* par mètre cube et de la laine de scories. Le service se fait par des voies ferrées. On emploie des machines frigorifiques de divers systèmes, à air, à acide carbonique et à ammoniaque.

On trouve ensuite une note sur l'emploi des régénérateurs de froid pour la production de très basses températures, d'après M. Ewing et d'autres sur les roulements sur billes Lavroff, la machine Grant à ébau-

cher les billes, une note de M. Ch. Fremont sur une nouvelle méthode d'essai des matériaux reproduite des comptes rendus de l'Académie et enfin une note de M. Ringelmann sur ses recherches sur les moteurs à alcool, également reproduite des comptes rendus de l'Académie. L'auteur arrive à la conclusion que l'alcool dénaturé devrait être vendu à raison de 17,70 *f* l'hectolitre pour être équivalent, au point de vue économique, au pétrole lampant valant 30 *f* l'hectolitre. De plus, la manipulation de l'alcool entraîne des dangers d'incendie.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e SEMESTRE DE 1897 *(suite)*.

Note sur **la recherche des efforts maxima développés en un point dans une poutre horizontale à une travée**, par le passage d'un train, par M. G. ROGIE, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur développe une méthode permettant d'arriver très simplement et très rapidement à un résultat rigoureusement exact pour le calcul des ponts métalliques. Cette méthode repose sur la considération d'un polygone élémentaire dont les sommets correspondent aux valeurs critiques de la distance d'un poids qui se déplace à l'origine ; elle peut se généraliser, pour un ouvrage quelconque, lorsque la variation, soit du moment fléchissant, soit de l'effort tranchant en un point, peut se figurer graphiquement par une ligne brisée quelconque.

Note sur **des essais de voitures à vapeur sur routes** pendant l'hiver 1896-1897, par MM. Ch. KUSS, Ingénieur en chef et CHARBONNEL, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Une première série d'expériences (voir *Bulletin* de mars 1897, page 357) avait démontré que, pendant la saison d'été, les voitures à vapeur pouvaient circuler dans tout le département de la Meuse sans être arrêtées par les fortes déclivités qui se trouvent sur ses routes et sans gêner la circulation plus que ne le font les voitures ordinaires. Les nouvelles expériences, consistant dans l'établissement d'un service public entre Lérouville et Vigneulles pendant une partie de l'hiver dernier, avaient pour but de faire connaître comment ces mêmes voitures à vapeur se comporteraient sur des routes détrempées ou couvertes de verglas ou de neige et de se rendre compte des conditions dans lesquelles pourrait fonctionner toute l'année un service public.

Ces expériences ont encore été faites avec le matériel Scotte. Le parcours total effectué a été de 468 *km*, on a brûlé 5,8 *kg* de coke par kilomètre.

Les expériences ont amené aux conclusions suivantes :

1° La neige et le verglas ne constituent pas des obstacles absolus à la

circulation de la voiture Scotte, mais rendent sa marche difficile et lente (7,5 *km* à l'heure au plus) ;

2° En temps de pluie ou de dégel, la vitesse de marche de la voiture dépend essentiellement de l'état des chaussées ; elle circule bien (10 à 12 *km* à l'heure) sur des chaussées en très bon état, assez bien (8 *km* à l'heure) sur de bonnes routes et mal (4 à 5 *km* à l'heure) sur des chaussées boueuses ou à ornières ;

3° Dans un service public, établi sur de bonnes routes, la voiture Scotte semble pouvoir fournir, sans être exposée à une usure anormale, un parcours journalier d'environ 60 *km*. Mais ce parcours doit être fractionné par relais de 12 à 15 *km* avec un repos de 30 à 40 minutes à chaque relai pour permettre l'alimentation d'eau et de combustible et le nettoyage complet du foyer. Il semble donc prudent en l'état actuel du matériel, de limiter à 12 à 15 *km* la longueur des services dont l'organisation pourrait être poursuivie ;

4° Dans ces conditions, le service du moteur peut être fait sans surmenage par un mécanicien, son chauffeur et un homme de réserve ;

5° La consommation de combustible (coke), peut être fixée à 5,8 *kg* par kilomètre pendant la mauvaise saison (1).

6° D'après des attachements tenus avec soin pendant toute la durée des expériences, la dépense nécessaire pour le graissage et le nettoyage du matériel, peut être évaluée à 0,07 *f* par kilomètre.

Note sur l'**exécution des fouilles et fondations du viaduc du Grand-Echaud**, par M. Maleval, Ingénieur de la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.

Sur la ligne de Longeray à Divonne (Ain), on a eu à exécuter des travaux considérables comportant notamment l'exécution d'un viaduc de 120 *m* d'ouverture en trois travées et la nature du terrain, formé de couches d'argile inclinées, rendait très difficiles les fondations de cet ouvrage. On a exécuté préalablement des galeries souterraines pour assainir les terrains crevassés et les fondations et, en outre, permettre la suppression des épuisements et le montage des déblais. On a pu, grâce à cette précaution, faire les fondations sans difficulté. Ces galeries fonctionnent parfaitement et donnent beaucoup d'eau. Ces galeries reviennent à 91 *f* le mètre courant soit, en tout, 22 860 *f*, mais cette dépense a été en très grande partie compensée par la suppression des épuisements.

Détermination de la déclivité maximum à adopter pour franchir les grandes hauteurs par M. Bonhomme, sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La recherche de la déclivité la plus convenable pour franchir une différence de niveau considérable amène à tenir compte à la fois des

(1) La consommation trouvée dans les expériences précédentes faites en été, a été de 4,9 *kg* par kilomètre.

dépenses de premier établissement et d'entretien qui sont à la charge des contribuables et des intérêts du public qui se sert de la route.

En effet, si on adopte une pente trop faible la charge utile sera relativement forte, mais le parcours pourra être allongé dans des proportions qui rendront la dépense de traction trop forte ; il en sera de même si on adopte une rampe trop forte. Il y a une solution intermédiaire qui répond au minimum de frais de traction. L'objet de la note est la recherche de ce minimum.

En admettant certaines hypothèses, l'auteur arrive à conclure que, si l'on admet une rampe de 8 0/0, la dépense annuelle de traction à la charge du public qui use de la route augmente de 16,2 0/0, mais que la dépense de construction et d'entretien à la charge du contribuable diminue de 37 0/0. Si on considère l'ensemble de la montée et de la descente, on trouve que la dépense de traction n'augmente pas par l'adoption de la rampe de 8 et que l'économie de 37 0/0 reste entière.

Une déclivité de 8 0/0 est sans inconvénient si on a soin de ménager tous les 200 ou 300 *m* des repos constitués par des déclivités de 3 0/0 sur 25 *m*. On doit aussi réduire la déclivité à ce taux dans les lacets et les courbes très longues, parce que, dans ces circonstances, c'est le limonier seul qui remorque la charge.

ANNALES DES MINES

9e livraison de 1897.

Etude sur **les gîtes minéraux de la Corse**, par **M. Neutien**, Ingénieur des Mines.

La Corse, au point de vue géologique, peut se diviser en deux grandes régions naturelles, la zone alpine qui renferme la presque totalité des terrains sédimentaires et la zone hercynienne qui est surtout constituée par des roches granitiques ou porphyriques. L'auteur entre dans quelques détails sur les formations qui se rencontrent dans ces deux divisions et sur les roches les plus remarquables.

Une seconde partie est consacrée à l'examen des gites minéraux, combustibles et mines métalliques, carrières et eaux minérales. On trouve de la houille anthraciteuse, mais elle n'est pas exploitée. Il y a également une mine de minerai de fer, mais elle n'a jamais été exploitée sérieusement. Les seules mines qui présentent une réelle importance sont les mines d'antimoine, il y en trois qui fournissent environ 1 500 *t* par an de minerai. Les matériaux de construction abondent dans l'ile, mais leur exploitation est négligée ; enfin les eaux minérales sont très abondantes et certaines, celles d'Orezza, par exemple, donnent lieu à une exploitation assez importante ; on en expédie annuellement sur le continent 400 000 bouteilles en moyenne.

Théorie mathématique de la machine à vapeur. — Action des parois, par M. J. Nadal, Ingénieur des Mines.

L'auteur, dont les lecteurs des *Annales des Mines* connaissent les travaux remarquables sur diverses questions de mécanique et notamment sur les locomotives, n'a pas pensé qu'il fût absolument impossible, comme Hirn le disait en 1876, d'édifier *a priori* une théorie de la machine à vapeur d'un caractère scientifique et exact et il s'est proposé, dans cette note, d'établir, avec une rigoureuse exactitude et toute la généralité nécessaire, la théorie mathématique de la propagation de la chaleur entre une source dont la température varie avec le temps et un corps solide, pour arriver à apprécier les échanges de chaleur entre la vapeur et les parois métalliques des cylindres, ce qui est le point capital de la question de la machine à vapeur.

Le mémoire examine successivement : la théorie de la propagation de la chaleur dans une paroi chauffée par une source de chaleur à température variable, les échanges de chaleur entre la vapeur et les parois du cylindre et le pouvoir absorbant des parois des cylindres ; il établit ainsi une série de formules applicables aux machines mais sans enveloppe de vapeur et sans surchauffe. Ces formules comprennent l'emploi du coefficient h de conductibilité extérieure ou pouvoir absorbant des parois, dont on peut calculer la valeur en partant d'expériences calorimétriques faites sur des machines. Ce coefficient représente le nombre de calories qui traverse 1 m^2 de surface de la paroi intérieure pour une différence de température de 1° et pendant une seconde. Ce coefficient n'est pas constant ; il doit varier selon le degré de siccité de la vapeur, mais ses variations ne paraissent pas devoir être très larges.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 37. — *11 septembre 1897.*

Construction des chaudières marines du type locomotive, par Kökn von Jaski.

Chemin de fer électrique de Meckenburen à Tettnang, par H. Heimpel *(fin)*.

Machines-outils à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1897, par H. Fischer *(fin)*.

Moteurs et appareils accessoires pour engins électriques de levage, par F. Niethammer *(suite)*.

Programmes comparés de l'enseignement dans dix-sept écoles techniques allemandes, par F. Ruppert.

N° 38. — *18 septembre 1897.*

Efficacité de la surface de chauffe des tubes dans les locomotives, par A. Wöhler.

Machines de l'industrie textile aux Expositions de l'année 1896, par G. Rohn *(fin)*.

Moteurs et appareils accessoires pour engins électriques de levage, pas F. Niethammer *(suite)*.

Groupe de Berg. — Le chemin de fer transsibérien. — Emploi de l'acier Siemens-Martin pour les chaudières.

Bibliographie. — La technique des chemins de fer à l'époque actuelle, par Blum, von Borries et Barkausen. — Théorie et pratique de l'analyse électrolytique des métaux, par Bern-Neumann. — Album des profils normaux des fers laminés allemands pour construction civile et navale.

N° 39. — *25 septembre 1897.*

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale près de Harburg, par W. O. Luck *(suite)*.

Examen critique des cycles de fonctionnement des moteurs thermiques et particulièrement du moteur Diesel, par E. Meyer.

Conclusions à tirer des expériences de résistance à la traction, par O. Knaudt.

Remarques sur le même sujet, par A. Martens.

Variétés. — Réunion du Comité de Direction des Associations allemandes pour les essais de résistance des matériaux pour l'industrie. — Assemblée générale des mêmes Associations. — Session de l'Association internationale pour les essais de résistance des matériaux. — Explosions de chaudières dans l'Empire allemand en 1896.

N° 40. — *2 octobre 1897.*

Machines pour la fabrication des vélocipèdes, par Paul Möller.

Les machines à vapeur et les chaudières à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig, en 1897, par Fr. Freytag.

Entretiens sur la mécanique appliquée, par Holzmüller *(fin)*.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'Empire allemand en 1896 *(suite)*.

N° 41. — *9 octobre 1897.*

Recherches sur la résistance et la déformation des parties planes, par C. Bach.

Moteurs et appareils accessoires des engins électriques de levage, par F. Niethammer *(fin)*.

Usines métallurgiques, par C. Schnabel.

Variétés. — Explosions de chaudières dans l'Empire allemand en 1896 *(fin)*.

Correspondance. — Le chemin de fer électrique de Meckenbeuren à Tathvang.

N° 42. — *16 octobre 1897.*

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale, près de Harburg, par W. O. Luck *(suite)*.

Recherches sur la résistance et la déformation des parties planes, par C. Bach *(suite)*.

Machines pour la fabrication des vélocipèdes, par P. Möller *(suite)*.

Groupe de Berg. — Les barrages.

Bibliographie. — Lexique de technique générale et des sciences qui s'y rattachent, par Otto Lueger.

Variétés. — Le paquebot rapide *Kaiser Wilhelm der Grosse.*

N° 43. — *23 octobre 1897.*

Un atelier moderne de construction de machines, par Th. Demuth.

Recherches sur la résistance et la déformation des parties planes, par C. Bach *(fin)*.

Usines métallurgiques, par C. Schnabel *(fin)*.

Enregistreur du travail pour les essais de résistance, par Gus.-G. Henning.

Groupe de Berlin. — Ascenseurs pour bateaux.

Variétés. — Fête pour le cinquantième anniversaire de la fondation de la maison Siemens et Halske. — Importation et exportation de machines et matériel de chemins de fer pour l'Union douanière allemande en 1896.

Correspondance. — Théorie et construction des roues hydrauliques et turbines. — Le moteur Diesel et le cycle de Carnot.

N° 44. — *30 octobre 1897.*

Nouvelles machines pour l'exploitation des mines en Silésie, par H. Dubbel.

Emploi des moments prismatiques pour la représentation des moments des surfaces du deuxième degré dans les questions de mécanique et de résistance des matériaux, par R. Land.

L'électricité à bord des vapeurs de commerce, par C. Arldt.

Relation de la technique avec les mathématiques, par A. Stodola.

Bibliographie. — Deux nouveaux ouvrages sur la construction des chemins de fer.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

I

LA TRACTION MÉCANIQUE DES TRAMWAYS[1]

COMPTE RENDU

DE L'OUVRAGE DE

M. Raymond GODFERNAUX

PAR

M. A. MALLET

M. R. Godfernaux a bien voulu offrir à notre bibliothèque, par l'intermédiaire de MM. Baudry et C^ie^, l'ouvrage dont le nom vient d'être indiqué. Nous sommes heureux de le présenter à nos Collègues, d'abord parce qu'il est dû à la plume d'un nouveau membre de notre Société. et aussi parce que le sujet est un de ceux qui appellent le plus l'attention en ce moment.

L'auteur s'est proposé, comme il le dit au début de son livre, de fournir à ceux qui s'intéressent à la question de la traction mécanique des tramways les éléments d'une étude sur les différents moteurs en service, d'exposer les derniers perfectionnements dont ils ont été l'objet, de mettre en relief les avantages et les inconvénients de chacun d'eux, afin de permettre la comparaison entre les divers systèmes de traction, tant au point de vue technique qu'à celui des applications dont ces systèmes sont susceptibles.

Nous devons dire tout d'abord que M. Godfernaux nous parait avoir rempli le programme qu'il s'était tracé, non seulement avec talent et conscience, mais encore avec une impartialité qu'on ne rencontre pas toujours dans les ouvrages de ce genre dont certains, sous le nom général d'études sur la traction mécanique des tramways, ne sont guère que des panégyriques en faveur de tel ou tel système. L'auteur, au contraire, s'est toujours efforcé de montrer le fort et le faible de chacun et de faire ressortir qu'ils ont tous plus ou moins leur raison d'être et qu'en résumé le choix à faire entre eux n'est souvent qu'une question d'espèce dépendant surtout des conditions locales dans lesquelles on se trouve.

Notre Collègue a jugé nécessaire, avant d'aborder la question proprement dite, d'entrer dans quelques considérations au sujet des résistances que les véhicules éprouvent à leur déplacement sur les tramways ; on trouvera dans cette partie les valeurs généralement admises pour les

(1) Paris, Baudry et C^ie^, éditeurs, 15, rue des Saints-Pères.

résistances en palier, en courbe, au démarrage, etc., le calcul du travail moyen, etc. Nous n'avons aucune observation à faire ici, sauf peut-être qu'il serait à désirer que certains points encore assez obscurs fussent élucidés par des expériences spéciales. La question de la résistance en courbe notamment est encore assez peu connue aussi bien pour les chemins de fer que pour les tramways. Nous serions porté à croire, d'après notre expérience personnelle, que si les chiffres de résistance qu'on donne souvent pour les courbes de faible rayon étaient exacts, les trains ne devraient pas pouvoir avancer dans ces courbes.

L'auteur établit pour l'étude des divers systèmes de traction un classement parfaitement judicieux; il se base, pour cela, sur la manière dont l'énergie nécessaire pour produire le mouvement est admise aux véhicules et il est conduit à diviser les systèmes en trois classes :

1° Les tramways où l'énergie est produite directement sur le véhicule, savoir : les tramways à vapeur, système Rowan et système Serpollet;

2° Les tramways où l'énergie est empruntée à une usine centrale et emmagasinée dans le véhicule, ce qui permet de faire un certain parcours au bout duquel le véhicule est obligé de revenir à la source d'énergie pour y remplacer celle qui a été dépensée, savoir : les tramways à locomotives sans foyer, à air comprimé, électriques à accumulateurs et à gaz;

3° Les tramways où l'énergie est encore empruntée à une usine centrale, mais où elle est distribuée aux voitures au moyen de conducteurs, au fur et à mesure des besoins; ce sont : les tramways funiculaires, électriques à conducteur aériens, à conducteurs souterrains et à distributeurs au niveau du sol.

L'auteur passe en revue ces différents systèmes en examinant pour chacun le travail moyen nécessaire, le travail maximun à développer à un moment donné, les dépenses de traction par kilomètre-voiture et le coût d'établissement, de manière à pouvoir faire une comparaison raisonnée au point de vue des dépenses de traction. Nous croyons inutile de le suivre pas à pas dans cette revue, ce qui nous conduirait à allonger démesurément ce compte rendu; nous nous bornerons à signaler en passant quelques points qui auraient gagné, selon nous, à être un peu plus développés.

Pourquoi, par exemple, l'auteur a-t-il cru devoir restreindre la question de la traction à vapeur aux systèmes Rowan et Serpollet? ce sont probablement les plus intéressants, mais ce ne sont pas les seuls. La traction par locomotives à vapeur, par exemple, n'a pas disparu comme on pourrait le croire. Si elle n'existe plus dans Paris même, il n'y a pas à aller très loin pour la retrouver. Nous pourrions citer une assez grande ville où on voit des locomotives à vapeur circuler parallèlement avec des voitures à trolley et où on est fort heureux de recourir à elles lorsqu'un court circuit ou une rupture de fils interrompt la transmission électrique pendant plusieurs heures, comme le cas s'est déjà présenté plusieurs fois.

Nous signalerons encore un exemple curieux et très peu connu des services que les locomotives à vapeur peuvent rendre à la traction élec-

trique. Le petit chemin de fer de Sissach à Gelterkinden (Suisse) ouvert en 1891, était exploité d'abord avec une unique locomotive électrique recevant par un conducteur aérien l'énergie fournie par un moteur hydraulique. La force motrice se trouvant insuffisante les jours d'affluence, on avait pensé à adjoindre à la turbine un moteur à vapeur auxiliaire. Mais, pour obtenir une sécurité complète, il eût fallu aussi avoir deux locomotives électriques. On a trouvé préférable de doubler la locomotive actuelle par une locomotive à vapeur qui vient en aide les jours d'affluence et qui a de plus l'avantage de parer à la fois à une interruption momentanée de service provenant d'un accident arrivant soit à la locomotive électrique, soit au conducteur, soit enfin à l'installation fixe de force motrice. Cet arrangement qui fonctionne depuis plusieurs années, donne toute satisfaction.

En somme, il est permis de dire que si la locomotive à vapeur pour tramways urbains n'est peut-être pas une chose de l'avenir, ce n'est pas encore une chose du passé.

M. Godfernaux dit avec raison que l'automotrice sur rails est de date déjà relativement ancienne, il n'est pas inutile de le proclamer au moment où on voudrait nous faire croire qu'elle date d'aujourd'hui même. Elle est encore plus vieille qu'on ne le croit généralement. La première voiture automobile pour chemins de fer est, pensons-nous, la machine construite en 1847 par Adams, pour un service d'inspection sur le Eastern Counties Railway, en Angleterre, et qui fut ensuite appliquée au trafic d'embranchement. Ce véhicule très léger portait 8 ou 10 personnes et brûlait moins de 1 *kg* de coke par kilomètre. Il a fait un service très sérieux, puisque dans le premier semestre de 1848, le parcours total effectué s'est élevé à 9 000 *km*.

Une autre voiture à vapeur, l'*Enfield*, construite l'année suivante pour la même ligne et destinée à un service régulier de voyageurs, portait 80 personnes ; elle pesait 16 *t* et brûlait 1,75 *kg* de coke par kilomètre; du 29 janvier au 9 septembre 1849, son parcours avait été de 22 400 *km*.

Plusieurs voitures furent construites sur ce modèle ; les applications plus récentes sont trop connues pour qu'il soit utile d'en parler. Pendant que nous sommes sur le chapitre des voitures à vapeur, nous y relèverons une légère inexactitude (1).

La voiture à vapeur à double bogie construite à Winterthur et mise en service en 1876 sur la ligne de Lausanne à Echallens, n'était pas du système Brown, mais bien du système de MM. Brunner frères, dont l'un, actuellement Ingénieur de la maison Maffei, à Münich, est membre de notre Société. Nous tenons à faire cette rectification en faveur d'un collègue distingué qui a été un des pionniers de l'automobilisme sur rails.

Nous aurions aimé à trouver dans le chapitre de la traction à l'air comprimé, à côté du système bien connu de Mekarski, au moins quelques indications sur d'autres systèmes dont le principe est l'emploi de

(1) C'est plutôt une confusion qui provient de ce que M. Ch. Brown, l'ingénieur bien connu, était, à l'époque dont il s'agit (1876), directeur de la fabrique de machines de Winterthur, qui a construit la voiture à vapeur de MM. Brunner frères.

pressions d'air moins élevées et un renouvellement relativement fréquent par prise sur la voie publique sans arrêt ou presque sans arrêt. Nous avons mentionné les essais d'un système semblable, celui de Hugues et Lancaster expérimenté à Chester en 1890, dans notre chronique de mars 1890, page 330, et un autre connu sous le nom de système Conti est appliqué, paraît-il, sur les tramways de Saint-Quentin.

Sous réserve de ces légères critiques, nous devons dire que les divers systèmes de traction nous ont paru exposés avec une parfaite compétence et avec tous les détails nécessaires. La partie électrique notamment est décrite avec une simplicité et une clarté qui facilitent singulièrement la compréhension de dispositions en réalité assez compliquées, par exemple les tramways à prise de courant par distributeurs au niveau du sol.

Après avoir passé en revue les divers systèmes de traction, l'ouvrage consacre un chapitre spécial à la question des freins dont l'importance, sérieuse pour tous les modes de locomotion, est capitale lorsqu'il s'agit de tramways urbains sur lesquels l'arrêt complet doit pouvoir se produire sur une très faible distance. On y trouvera des renseignements intéressants sur les freins en usage pour les tramways.

L'auteur termine son livre par une comparaison entre les différents systèmes de traction au point de vue des dépenses par kilomètre-voiture et aussi à celui des avantages et des inconvénients. Il est très sobre dans ses conclusions, faisant remarquer avec beaucoup de raison qu'il est difficile, si ce n'est même téméraire, de tirer actuellement une conclusion ferme et de dire que tel système est le meilleur ou même supérieur à tel autre ou à tous les autres. Nous sommes d'autant plus heureux de constater cette réserve qu'on la rencontre moins fréquemment dans les études de ce genre, comme nous le faisions remarquer au début de ce compte rendu.

En résumé, l'ouvrage de M. Godfernaux est très intéressant et très bien fait et nous croyons pouvoir le signaler à ceux de nos Collègues qui s'occupent, à un titre quelconque, de la question si actuelle de la traction mécanique des tramways comme un des meilleurs traités publiés jusqu'ici sur la matière.

II

LA RUSSIE INDUSTRIELLE

COMPTE RENDU

DE L'OUVRAGE DE

M. Maurice VERSTRAETE, Consul de France

PAR

M. P. JANNETTAZ

L'Exposition nationale russe qui s'est tenue l'an dernier à Nijni-Novgorod ne pouvait laisser la France indifférente. Aussi notre Société a-t-elle accueilli avec empressement, au moment où l'Exposition fermait à peine ses portes, l'étude qu'en a faite notre Collègue M. Zbyszewski dans une séance à la suite de laquelle S. E. M. de Witté, Ministre des Finances de Russie et S. E. le prince Chilkoff, Ministre des Voies de communication, ont été nommés Membres honoraires de la Société (1).

Tous ceux qui ont lu avec l'intérêt qu'elles méritent les pages où M. Zbyszewski a résumé l'état actuel des principales branches de l'industrie russe, seront heureux, pour celles de ces branches dont ils s'occupent spécialement, de consulter l'ouvrage très complet et très détaillé qu'a publié, cette année, M. Verstraete, Consul de France, sous le titre de la *Russie industrielle, étude sur l'Exposition de Nijni-Novgorod* (2).

L'auteur indique dans sa préface qu'il s'est proposé de réunir des informations utiles et pratiques pour notre commerce d'exportation et pour nos entreprises à l'étranger. Son but a été pleinement atteint, car il a su non seulement grouper une série de documents publiés à l'occasion de l'Exposition, mais recueillir auprès des hommes compétents des observations topiques et des renseignements techniques et en tirer des conclusions très judicieuses.

Première partie. — Elle est relative aux *Mines* et à la *Métallurgie*, dont les différents produits sont successivement étudiés : la *houille*, développée en Pologne, et surtout dans le bassin du Donetz, dont l'importance est si considérable et a été en particulier mise en lumière devant la Société par notre ancien Président, M. A. Brüll (3); la *fonte*, le *fer* et l'*acier*, dont la production va en augmentant lentement dans l'Oural,

(1) Communication de M. Zbyszewski, sur *l'Exposition de Nijni-Novgorod et l'industrie russe*. Séance du 20 novembre 1896. — *Bulletin* de novembre, pages 616 et 652.

(2) Libraire Hachette, Paris, 1897.

(3) *Voyage au bassin houiller du Donetz*, par M. A. Brüll. 6 avril 1892. — *Bulletin*, 1892, t. 1. pages 578 et 635.

progressivement en Pologne et si vivement dans la Russie méridionale que l'ampleur même de ces développements ne va pas sans préoccuper les esprits prudents qui songent à l'épuisement futur des gites, épuisement dont les publications russes parlent de plus en plus ; le *manganèse*, dont le marché est aux mains de maisons anglaises ; le *cuivre*, produit en petite quantité dans les usines de l'Oural et du Caucase, que devraient pourtant encourager des tarifs protecteurs très élevés ; le *plomb* et l'*étain* importés de l'étranger, malgré les richesses contenues dans les mines de l'Altaï, qui appartiennent au « Cabinet de l'Empereur » ; le *zinc*, que produisent en quantité assez faible quelques usines, aux confins de la Pologne et de la Silésie (1) ; le *mercure*, qui a pris, grâce à M. l'Ingénieur russe Auerbach, un grand développement dans la Russie méridionale ; le *sel*, exploité dans de nombreuses régions ; le *naphte* au sujet duquel il est impossible de ne pas citer deux noms : Bakou et la Société Nobel dont l'exposition était le « clou » à Nijni-Novgorod ; l'*or*, que possèdent en grandes quantités plusieurs régions de l'Oural et de vastes étendues en Sibérie à l'état d'alluvions et surtout de filons encore inexploités ; le *platine* que la région de l'Oural est à peu de chose près la seule au monde à fournir ; malgré cela son marché est, comme celui du manganèse, accaparé par une maison anglaise (2).

Deuxième partie. — Elle traite des *Machines* et de tout ce qui s'y rapporte : *chaudières à vapeur*, dont la fabrication est particulièrement avancée ; *moteurs*, pour la construction desquels il reste, au contraire, de grands progrès à réaliser ; *machines-outils*, donnant lieu à une importation considérable qui est alimentée par l'Angleterre, l'Allemagne et la Suisse. « Quant à nos fabricants, ils ignorent le marché russe et en sont ignorés », dit M. Verstraete ; il signale cependant deux exceptions, ce sont nos Collègues, M. Bariquand et M. Bouhey ; *machines pour les industries textiles*, dont une partie seulement est construite en Russie et dont l'autre partie est fournie par l'Angleterre et l'Allemagne pour le coton et la laine, et par la France, la Suisse et les Etats-Unis pour la soie ; *machines agricoles*, leur emploi n'est pas seulement tout indiqué dans les plaines russes par l'étendue des surfaces que recouvrent les terres noires, mais devient nécessaire par suite du renchérissement de la main-d'œuvre ; elles ne pourront pendant longtemps encore être fabriquées en nombre suffisant en Russie ; enfin, *appareils et machines électriques*, jusqu'à ces derniers temps fournis par les pays étrangers qui avaient exceptionnellement le droit d'exposer dans cette section, à Nijni-Novgorod ; aussi y voyait-on une station organisée par la maison Siemens et Halske, des dynamos allemandes et des moteurs anglais.

Ce court résumé suffit à montrer combien est peu importante la part de l'industrie mécanique française en Russie. Les chiffres suivants précisent cette triste situation :

(1) Après un voyage dans ces deux centres miniers et métallurgiques, nous croyons possible de rendre prospère l'industrie du zinc en Pologne comme elle l'est en Silésie.

(2) Les causes de cet état de choses, les moyens d'y remédier, le rôle que pourraient avoir l'industrie et les capitaux français dans l'Oural sont des questions trop importantes pour être traitées incidemment. Nous y reviendrons prochainement d'une façon spéciale.

Importation des machines en Russie en 1894 :

France	820.549	roubles.
Allemagne	19.740.278	—
Angleterre.	17.566.804	—
Autriche-Hongrie . .	3.567.685	—
Belgique	2.037.623	—

Est-il possible de remédier à cet état de choses? Oui, dit M. Verstraete; il faut faire comme les Allemands et les Anglais et créer des **Comptoirs techniques.** Nous ne saurions mieux faire que de reproduire une des pages où M. Verstraete étudie cette question :

« On ne peut admettre, dit-il, que la cause de l'effacement de l'industrie française en Russie soit l'infériorité de ses produits qui sont, au contraire, d'une exécution parfaite ; on doit l'attribuer à ce que nos industriels ne tiennent pas assez compte des habitudes du pays. C'est au moyen de dépôts d'échantillons et de spécimens divers que l'on peut traiter le mieux les affaires en Russie.

» Le Russe prend volontiers ce qu'il voit. Il se méfie des descriptions et il a gardé l'habitude des foires où la marchandise est visible et palpable.

» Les Anglais et les Allemands, qui le connaissent bien, ont, dans la plupart des villes de l'Empire, des comptoirs techniques, c'est-à-dire des dépôts autorisés par le Gouvernement impérial, dans lesquels se trouvent les principaux modèles qu'ils fabriquent. A la tête de ces comptoirs techniques, ils mettent des ingénieurs, le plus souvent de nationalité russe, qui peuvent guider et conseiller le client. Il arrive que les comptoirs se spécialisent ; beaucoup, parmi les plus récents, s'occupent surtout de l'éclairage électrique et des applications diverses de l'électricité; d'autres tiennent les machines-outils ; d'autres, enfin, les machines agricoles. Mais la plupart renferment plusieurs catégories de machines, certains ont même toutes les sortes possibles et y joignent tous les accessoires imaginables, de manière que l'industriel peut, dans une même maison, se munir d'une installation complète. *Ces comptoirs techniques font généralement beaucoup d'affaires.* »

La question de l'importation des machines en Russie est la plus importante actuellement, car ce pays achète, en ce moment, son outillage industriel et y emploie chaque année des sommes considérables : 130 à 160 millions.

Troisième partie. — Elle a pour titre : le *Génie Civil* et pour sous-titres : *les Chemins de fer et les matériaux de construction.* L'étude des chemins de fer est divisée en trois parties : *chemins de fer à voie normale ;* gares, matériel fixe et matériel roulant, rails, locomotives et wagons pour la construction desquels tant d'usines se sont installées ou sont en train de s'installer en Russie ; *chemins de fer à voie étroite* dont l'utilité est d'autant plus grande que dans cet immense territoire il y a seulement 12 000 *km* de routes empierrées et que dans bien des régions on attend que la neige permette l'emploi du traîneau pour les transports ; *transsibérien*, dont l'achèvement prochain semble devoir marquer une ère absolument nouvelle pour les régions qu'il traversera.

La Russie, si riche en produits miniers est relativement pauvre en *matériaux de construction ;* si l'on y trouve des argiles pouvant se mouler en briques et des calcaires convenant à la fabrication des chaux et ciments, on n'y rencontre pas de belle pierre à bâtir. Il faut aller en Finlande pour trouver des marbres et des granits et porphyres qui d'ailleurs sont superbes.

Quatrième partie. — Elle est consacrée aux *industries textiles*. Celles-ci se sont développées dans trois régions ayant pour centre Saint-Pétersbourg, Moscou et Lodz, en Pologne. Une série de chapitres différents intitulés : le *coton*, la *laine*, la *soie*, le *lin*, le *chanvre* et le *jute* donnent sur ces matières tous les renseignements que méritent des industries dont la production est de près d'un milliard de francs pour le coton et de trois cents millions de francs pour la laine.

Dans cette partie sont également étudiées les industries connexes : *blanchiment*, *teinture*, *impression*. Un certain nombre des usines dans lesquelles les produits textiles se fabriquent ou s'achèvent ont été fondées et sont encore dirigées par des Français.

Cinquième partie. — Elle comprend tous les produits manufacturés ; elle commence par les *produits chimiques ;* cette industrie est toute récente en Russie, et, quoiqu'elle se soit développée assez vite, elle ne peut suffire à la consommation qui a grandi au moins aussi vite que la production, sauf pour les acides sulfurique, chlorhydrique et nitrique. Quant à la soude, la puissante société qui en a monopolisé, pour ainsi dire, la fabrication qu'elle réalise par le procédé Solvay, arrivera bientôt, sans doute, à la produire en quantité suffisante. Les matières colorantes viennent entièrement d'Allemagne à laquelle une réduction de 18 0/0 obtenue en 1894 sur les droits frappant les produits tinctoriaux, a permis en trois ans, de presque tripler son importation. La *parfumerie* a, au contraire, ses principales fabriques installées et dirigées à Moscou par des Français. Quant au *caoutchouc*, trois grandes manufactures le produisent en quantité importante. Viennent ensuite les *cuirs* et *peaux*, dont l'industrie est restée stationnaire au point de vue technique et a été, par suite, battue en brèche par celle des autres pays, sauf pour le célèbre cuir de veau, le *iouft*, ou cuir de Russie ; les *glaces* fabriquées par une Société russe et depuis peu par une Société étrangère ; les *verres* et *cristaux* pour lesquels existent d'assez nombreuses usines ; le *papier*, dont la fabrication pourra beaucoup se développer, trouvant dans le pays les matières premières : bois, plantes textiles, pailles ; la *carrosserie*, très soignée ; les *ouvrages en métaux*, armes, coutellerie, fils de fer, outils divers, moulages, etc., « pour lesquels il se fait en Russie une importation considérable ; l'industrie française n'y a qu'une part insignifiante » ; les *boissons* dont l'importation de France atteignait, en 1894, presque 5 millions de roubles sur un chiffre total de 28 millions ; si la Bessarabie, la Crimée et le Caucase ne semblent pas capables de faire, d'ici longtemps, concurrence au Bordelais et à la Bourgogne, la Champagne voit, au contraire, se dresser en Russie des concurrents très sérieux ; quant à la vente des cognacs, elle rencontrera des difficultés par suite de l'organisation du monopole de la vente des alcools par l'État ; la

bière qui donne lieu à une industrie solidement établie ; les *farines*, que le Gouvernement russe cherche à faire produire en quantité de plus en plus grande, pour exporter des produits ayant plus de valeur que les grains n'ayant pas subi le travail de la minoterie ; le *sucre*, dont l'industrie est bien outillée, prospère, puissante, capable d'exporter par les frontières d'Europe et d'Asie et est soumise à une réglementation toute spéciale.

Cette partie se termine par un chapitre sur l'*Art industriel*. La plupart des productions qui s'y rattachent sont, en Russie, imitées de l'étranger. Il faut citer, cependant, comme spéciale la fabrication des émaux sur métaux précieux et les tailleries des pierres de l'Oural ou de la Sibérie qui, à vrai dire, se réduisent à peu près aux tailleries impériales de Iekaterinembourg et de Péterhof.

Sixième partie. — Elle est consacrée à l'enseignement primaire et à l'enseignement technique qui sont appelés actuellement en Russie plus qu'en tout autre pays à exercer une influence considérable sur l'industrie. En effet, actuellement, dans presque toutes les régions de l'empire, on peut dire qu'il n'y a pas de population ouvrière ; c'est le paysan qui fait les travaux industriels, il travaille à l'usine en hiver et retourne aux champs l'été. Il est d'ailleurs ignorant et bien peu préparé, par la longue période de servage qu'il a subie, à un travail demandant de l'initiative.

M. Verstraete expose dans cette partie les rivalités qui existent pour l'enseignement primaire entre l'école paroissiale du Saint-Synode et l'école communale du Zemstvo ou assemblée provinciale. Il étudie ensuite l'enseignement professionnel et l'enseignement technique à ses trois degrés : primaire, secondaire et supérieur.

Conclusion. — L'ouvrage se termine par une conclusion de quelques pages, que nous regrettons de ne pouvoir reproduire complètement ici, mais auxquelles nous emprunterons plusieurs passages.

« La mention de l'effacement de notre pays a dû être faite sans cesse dans les chapitres qui précèdent. Elle y revient même parfois comme un refrain monotone et affligeant. Quelles en sont les causes ? Celles mêmes qui sur tous les autres points du monde provoquent le recul de la marchandise française devant la marchandise allemande, c'est-à-dire l'ignorance des marchés étrangers et l'insuffisance de notre éducation commerciale. Nous sommes des sédentaires, nous attendons le client étranger. Nous prétendons lui imposer nos modèles, nos mesures et nos règlements de comptes...

» Le jour où des industriels français voudront bien venir en Russie y établir des agences, y ouvrir des dépôts de marchandises et d'échantillons et supprimer certains intermédiaires inutiles et onéreux, ce jour-là les importations françaises augmenteront.

» ... La colonie française de Moscou avec ses entreprises industrielles et commerciales très prospères, son attachement à la patrie et son dévouement profond au pays dont elle partage l'existence offre un bel exemple qu'il est encourageant de rencontrer (1). »

(1) Nous sommes heureux de constater que parmi les industriels français de Moscou, dont parle M. Verstraete la Société compte un grand nombre de membres et nous nous permettons d'exprimer le vœu qu'ils veuillent bien faire part de leurs travaux dont quelques-uns marquent de réels progrès industriels.

Par l'aperçu qui précède, on peut juger de l'intérêt et de l'importance de l'ouvrage de M. Verstraete. Celui-ci continue ses études sur le développement industriel de la Russie et sur la part qu'y peut prendre notre pays. Il a, en effet, avec le titre de Secrétaire d'ambassade, reçu une mission que nous ne pouvons mieux définir qu'en empruntant quelques lignes à une publication officielle toute récente (1) :

« Le département des Affaires étrangères s'est fait représenter en 1896 par M. Verstraete, consul de France, à l'Exposition de Nijni Novgorod. Il en a rapporté des observations très intéressantes sur le développement industriel et commercial de la Russie... Le département a décidé de confier à M. Verstraete une mission permanente, ayant, d'une manière générale, pour objet la recherche des moyens les plus propres à développer nos relations économiques avec la Russie, où jusqu'à présent nous avons été devancés par l'Allemagne et par la Belgique. M. Verstraete dont la résidence habituelle sera à Saint-Pétersbourg, devra toutefois faire dans les principaux centres industriels de la Russie des voyages d'études et reviendra de temps en temps en France, pour s'y mettre à la disposition de nos Chambres de Commerce et de nos négociants et leur faire part des renseignements qu'il aura recueillis. »

Pour terminer, nous ferons encore une citation, empruntée celle-là à un journal russe : *Novoïe Vremia* (2) : « ... On peut dire que les relations commerciales ont des origines historiques et que ce sont des causes historiques qui ont centralisé dans les mains des Allemands notre commerce extérieur. Mais notre assujettissement « historique » à la Bourse de Berlin nous a-t-il empêchés de triompher de l' « histoire » au nom de laquelle nous paraissions condamnés à subir cette dépendance! Rien non plus ne nous empêche de travailler à mieux répartir nos échanges qui sont trop canalisés vers la frontière allemande. Là gît le secret de cette influence regrettable que l'Allemagne continue d'exercer sur nous. En France, sans aucun doute, nous pouvons accroître le montant de nos ventes; la France de son côté peut certainement trouver chez nous pour ses produits un débouché suffisant. » Ces lignes montrent nettement le désir des Russes de se soustraire à l'influence allemande. Aussi est-il permis d'espérer que nos maisons française sauront étudier le marché russe et profiter des études qui sont déjà faites et qu'on verra s'établir enfin au point de vue industriel et commercial des relations actives avec la grande nation à laquelle, sur d'autres terrains, nous attachent depuis longtemps déjà de réciproques sympathies.

(1) *Rapport de la Commission du budget pour l'exercice 1898* (Ministère des Affaires étrangères).

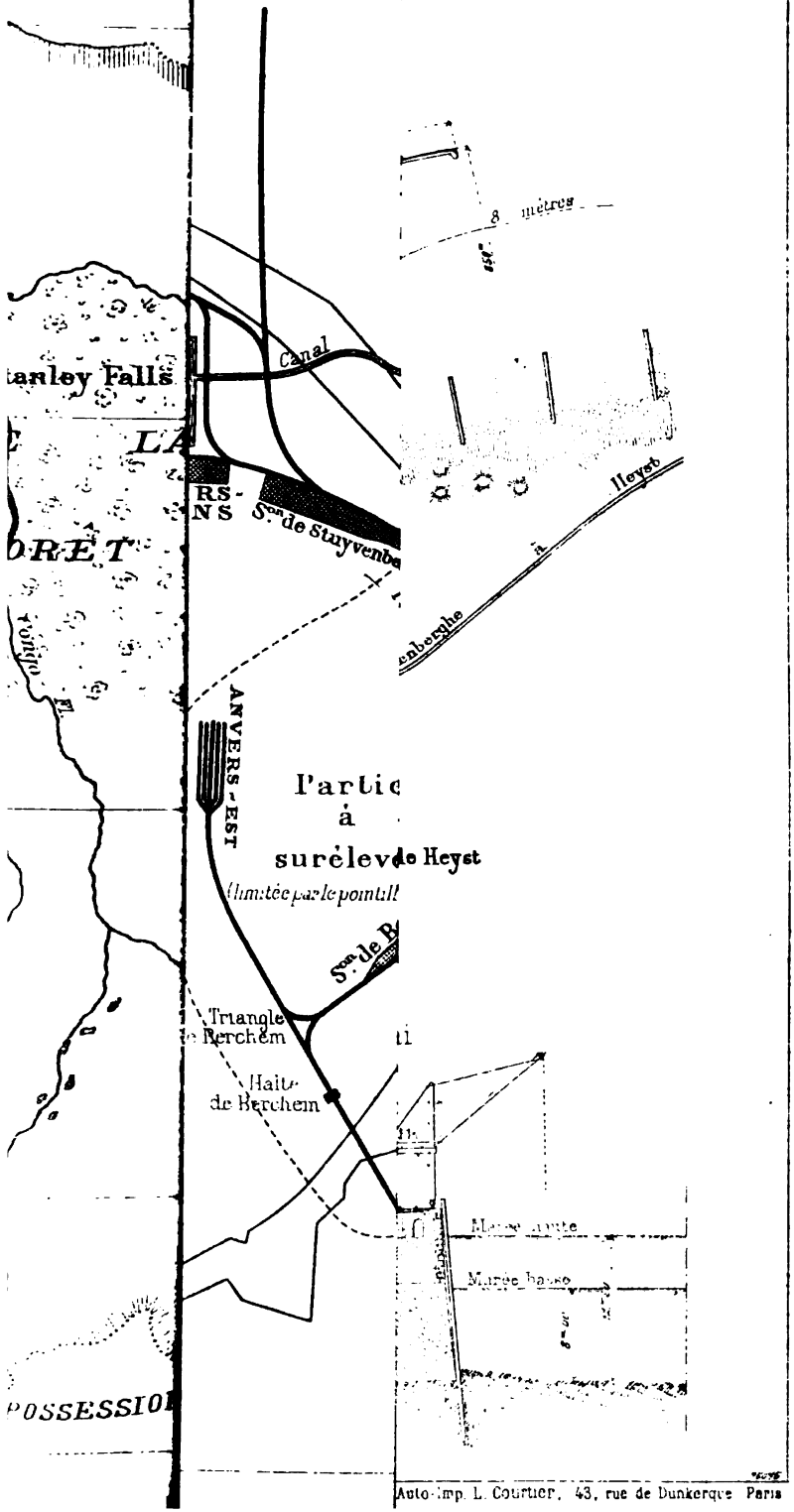
(2) Article traduit par M. Verstraete dans le *Moniteur officiel du Commerce* du 23 septembre 1897.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 23276-12-97. — Chaix Lorilleux.

E DE BRUGES



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris

Fig. 14. — Vue par bout

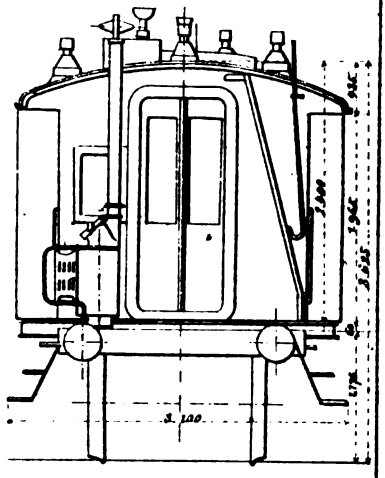
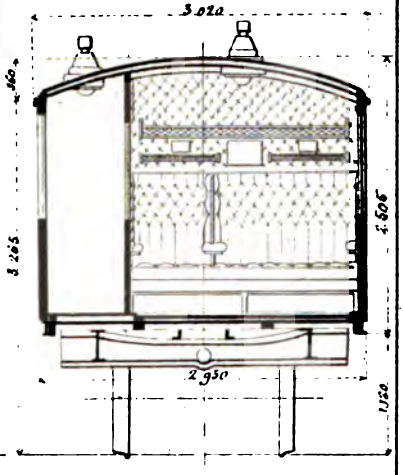
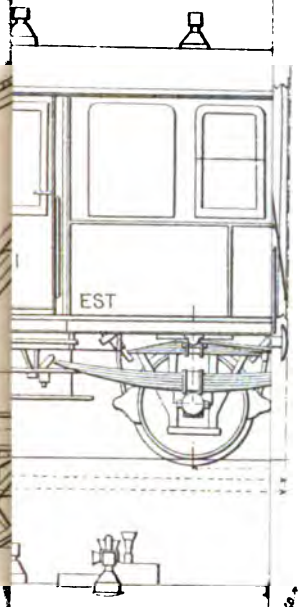
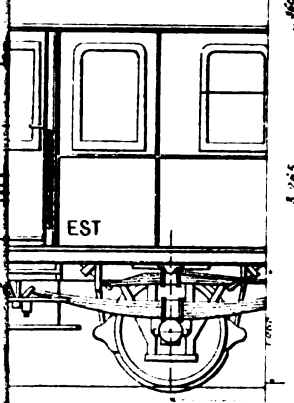


Fig. 13. — Coupe transversale







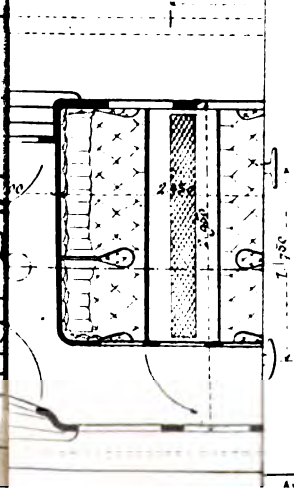
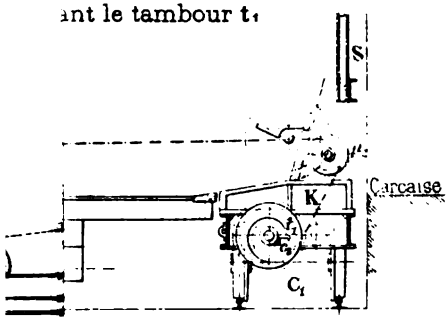


Fig. 10 à 14.
Voiture de 1re classe
à intercirculation
(Est)

Auto-Imp. L. Courtier, 53, rue de Dunkerque, Paris.

oul pour la fabrication des glaces

ant le tambour t_1



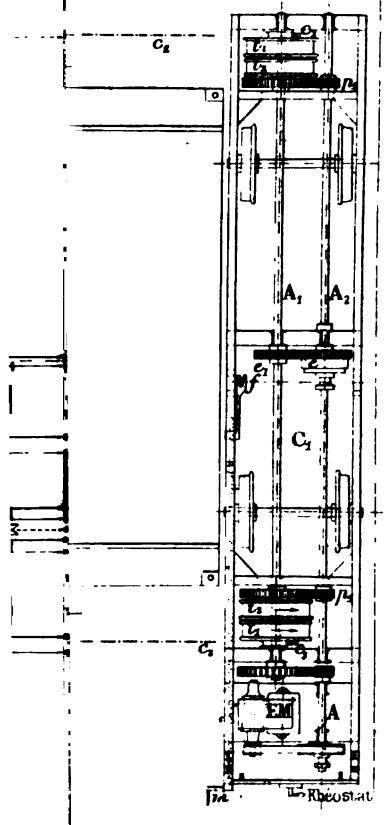


Fig. 5
Coupe par l'embrayage
de la roue e_2

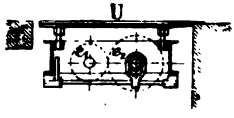
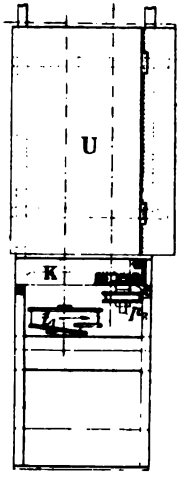


Fig. 7.
Plan de l'utile



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1897

N° 12

Sommaire des séances du mois de décembre 1897 :

1° *Lettre de M. F. Honoré, au sujet de la communication de M. Ch. Jeantaud sur les « Poids lourds »* (Séance du 3 décembre), page 769;

2° *Décès* de MM. G.-A. Coste, A.-A. Hovine (Séance du 3 décembre), page 770;

3° *Nominations :*

De MM. L. Appert, A. Poirrier et Denis Poulot, comme Membres du Conseil Supérieur du Travail (Séance du 3 décembre), page 770;

De M. A. Charliat, comme professeur à l'École des Hautes Études Commerciales (Séance du 3 décembre), page 770;

4° *Décoration* (Séance du 3 décembre), page 770;

5° *Exposition de Bruxelles* (Liste complémentaire des récompenses obtenues à l') (Séance du 3 décembre), page 770;

6° *Exposition Universelle de 1900* (Liste complémentaire des Membres de la Société faisant partie des Comités d'admission à l') (Séance du 3 décembre), page 770;

7° *Congrès international d'hygiène et de démographie, à Madrid, en 1898.* Désignation de délégués (Séance du 3 décembre), page 771;

8° *Congrès international de navigation, à Bruxelles, en juillet 1898* (Avis du 7e). Désignation de délégués (Séance du 3 décembre), page 771;

9° *Songes Chinois* (Les), de M. H. Chevalier. Analyse faite par M. G. Dumont (Séance du 3 décembre), page 772;

10° *Traction mécanique des tramways* (La), de M. R. Godfernaux. — Analyse faite par M. G. Dumont (Séance du 3 décembre), page 772;

11° *Russie industrielle* (La), de M. Verstraete, consul de France. Analyse faite par M. P. Jannettaz (Séance du 3 décembre), page 773;

12° *Congrès des Naval Architects* (Compte rendu du), par M. J. Fleury (Séance du 3 décembre), page 774;

13° *Méthode du Bouclier* (La construction de souterrains par la), par M. J.-A. Amiot (Séance du 3 décembre), page 776;

14° *Compte rendu de la situation financière de la Société*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier (Séance du 17 décembre), page 778;

15° *Élection des Membres du Bureau et du Comité de la Société, pour l'année 1898* (Séance du 17 décembre), page 782;

Mémoires contenus dans le bulletin de décembre 1897 :

16° *Percement des souterrains par la « Méthode du Bouclier »*, par J.-A. Amiot, page 783;

17° *Les chaudières marines* (IIe errata au bulletin d'avril 1897), par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 829;

18° *Rapport de la Commission sur le Concours des « Poids lourds », organisé par l'Automobile-Club de France.* Communication faite à la Société par M. Ch. Jeantaud, dans la séance du 19 novembre 1897, page 831;

19° *Chronique*, n° 216, par M. A. Mallet, page 933;

20° *Comptes Rendus*, — page 946;

21° *Notice nécrologique sur M. Émile Durand*, par M. Paul Jean, page 958;

22° *Table des matières contenues dans la chronique du deuxième semestre du bulletin de 1897*, page 960;

23° *Table des matières traitées dans le deuxième semestre du bulletin de 1897*, page 963;

24° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans le deuxième semestre du bulletin de 1897*, page 969;

25° *Planches* nos 203, 204, 205 et 206.

Pendant le mois de décembre 1897, la Société a reçu :

37032 — De M. A. Fayolle (M. de la S.). *Chambre syndicale de la chaudronnerie, Paris. Série de prix pour travaux de chaudronnerie. Année 1897 (2e édition)* (in-4° de 40 p.). Paris, Société anonyme de publications industrielles, 1897.

37033 — De l'Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. *Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland. Volume XL. Fortieth session 1896-97.* Glasgow, 1897.

37034 — De M. N. Watrin. *Les ardoisières des Ardennes. Description et exploitation du schiste ardoisier. Fabrication des ardoises. Lever des plans d'ardoisières, par N. Watrin* (in-8° de 332 p. avec 55 fig., une photographie et une carte). Charleville, Édouard Jolly, 1897.

37035 — De M. Ronna (M. de la S.). *Les égouts de Rome. Cloaques, égouts, collecteurs, par M. Ronna* (Extrait du Bulletin d'octobre 1897 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (petit in-4° de 64 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1897.

37036 — De M. W. Grenier. *L'installation de la force hydraulique dans la filature de coton de Campione, par W. Grenier* (Extrait du Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes) (in-8° de 8 p. avec 1 pl.). Lausanne, 1897.

37037 — De la Secretaria de Fomento. *La fumagina y el pulgon de los cafetos en la República Mexicana* (in-8° de 115 p.). Mexico, 1897.

37038 — De M. C. Heymanns. *Repertorium der Technischen Journal-Litteratur. Herausgegeben im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang, 1896.* Berlin, 1897.

37039 — De John Crerar Library. *The John Crerar Library. First Annual Report for the year 1895* (grand in-8° de 17 p.). Chicago, 1897.

37040 — Dito. *The John Crerar Library. Second Annual Report for the year 1896* (grand in-8° de 22 p.). Chicago, 1897.

37041 — De M. A. Cottrau (M. de la S.). *Consiglio dell' Industria e del Commercio (Sessione anno 1897). Norme per il concorso italiano alla Esposizione universale di Parigi del 1900. Relazione e Progetto della Commissione* (in-8° de 39 p.). Roma, 1897.

37042 — Dito. *La Società dei Tramways napoletani ed il municipio di Napoli per A. Cottrau* (in-8° de 49 p.). Napoli, 1897.

37043 — De M. L. Salomon (M. de la S.). *Note sur des essais comparatifs de traction entre la machine compound de la Compagnie du Midi n° 1760 et les machines de la Compagnie de l'Est de la série 800, par M. L. Salomon* (Extrait de la Revue générale des chemins de fer, numéro de septembre 1897) (in-4° de 37 p. avec 1 table et 1 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

37044 — Dito. *Compagnie des chemins de fer de l'Est. Note complémentaire sur des essais de traction faits à la Compagnie de l'Est, avec la locomotive n° 1760 de la Compagnie du Midi, par M. L. Salomon, novembre 1897* (in-4° de 6 p. avec 8 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et C^ie^, 1897.

37045 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Étude de quelques problèmes de l'habitation concentrée, par E. T. Potter* (in-8° de 8 p.). Paris, Guillaumin et C^ie^.

37046 — Du Ministère du Commerce. *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Conseil supérieur du travail. Sixième session, décembre 1896.* Paris, Imp. Nat., 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de décembre 1897, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

J.-P. Arrachart,	présenté par MM.	Bertrand de Fontviolant, L. Parent, Salmon.
D. Becker,	—	Ed. Lippmann, Guérin, Lippmann fils.
C. Butticaz,	—	Lippmann, Gottschalk, Turettini.
P.-Ch. Carré,	—	Lippmann, Asselin, P. Mallet.
J. Charignon,	—	Lippmann, de Chasseloup-Laubat, Lippmann fils.
J. Cousin,	—	Lippmann, Dumont, Coiseau.
A. Duprat,	—	D. Bellet, Mitarnowski, Woyciechowski.
G. Fettweis,	—	Lippmann, Badois, Dumont.
L.-M. Le Marié,	—	Brüll, Jannettaz, Romann.
P.-O. Lévy-Salvador,	—	Blum, J. Pillet, Pontzen.
L. de Méeus,	—	Lippmann, Dumont, Badois.
L. Rey,	—	Lippmann, Molinos, Rey.
E.-V. Ronceray,	—	Lippmann, Lippmann fils, Aurientis.
E.-L. Rouquier,	—	Coiseau, Delaunay, E. Henry.
R.-M. Schwob,	—	Lavezzari, Guichard, Soreau.
Ph.-L. Serre,	—	de Banville, Jullin, Rancelant.
J.-F. Timmermans,	—	Lippmann, Badois, Dumont.
C.-A. Vincent,	—	Carimantrand, Fuchet, Lévi.

Comme Membre associé, M. :

E.-L. Borderel, présenté par MM. Cartier, Neveu, Thareau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1897

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1897

PRÉSIDENCE DE M. ED. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture de la lettre de M. F. Honoré, relative au procès-verbal de la dernière séance, et ainsi conçue :

« Paris, 3 décembre 1897.

» MON CHER PRÉSIDENT,

» En lisant le procès-verbal de la séance du 19 novembre, je lis que vous estimez la réduction de la dépense à un tiers en faveur de l'automobilisme comparé au roulage.

» Je ne puis rien dire à cet égard, mais il sera sans doute intéressant de vous faire connaître le fait suivant.

» Dans l'application des automobiles à pétrole au transport des colis distribués par les magasins du Louvre, nos premières constatations expérimentales en service continu, nous ont conduits à constater une économie de 30 0/0, tant sur le capital à immobiliser en véhicules que sur la dépense journalière par voiture, sans tenir compte de l'accélération du service. Celle-ci, à raison des arrêts, ne donne un bénéfice que d'un cinquième à un sixième par rapport à la traction par chevaux.

» Par conséquent, dans un service de messageries légères, nous retrouvons l'économie de un tiers que vous signalez à propos du roulage.

» Cette économie ne sera nette que lorsqu'on aura organisé l'entretien et les grosses réparations mécaniques dans des conditions normales, c'est-à-dire lorsqu'on aura des constructeurs moins débordés de commandes, plus sûrs d'eux-mêmes et n'ajoutant pas des retards anormaux à leur intervention à travers l'exploitation industrielle, sérieuse et intense qui, poursuivie toute l'année, a des exigences que ne révèlent ni les voitures d'amateurs ni les courses d'essai.

» Veuillez agréer, etc. F. HONORÉ. »

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. le Président a le regret de faire part des décès suivants :

M. G.-A. Coste, Membre de la Société depuis 1878, Ingénieur en chef adjoint à la direction de la Compagnie des Chemins de fer départementaux, arbitre-expert près le Tribunal de Commerce ;

M. A.-A.-A. Hovine, Membre de la Société depuis 1876 ; a été Ingénieur à la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

MM. L. Appert, A. Poirrier et Denis Poulot ont été réélus pour deux ans Membres du Conseil supérieur du travail ;

M. A. Charliat a été nommé Professeur à l'École des Hautes Études Commerciales ;

M. L.-H. Féret a été nommé officier d'académie.

M. le Président signale quelques oublis dans la liste des Membres de la Société ayant obtenu des récompenses à l'Exposition de Bruxelles :

M. Dietz a reçu une médaille d'or et M. Ch. Lucas une médaille d'argent accordée à titre de collaborateur de la Caisse de Défense mutuelle des Architectes.

M. le Président fait également connaître une liste complémentaire des Membres de la Société faisant partie des Comités d'admission à l'Exposition Universelle de 1900 :

Groupe IV : Mécanique générale. — Classe 21. Appareils divers de la mécanique générale, MM. O. Allaire, Ch. Cavelier de Mocomble.

Groupe V : Électricité. — Classe 27. Applications diverses de l'électricité, M. Armengaud jeune.

Groupe VI : Génie Civil. Moyens de transport. — Classe 30. Carrosserie et charronnage, M. E. Quenay.

Classe 32. Matériel des chemins de fer et tramways, MM. G. du Bousquet, E. Chevalier, L. Francq, E. Mayer.

Classe 34. Aérostation, MM. P. Decauville, Ed. Surcouf.

Groupe VII : Agriculture. — Classe 36. Matériel et procédés de la viticulture, M. E. Simoneton.

Groupe XI : Mines, Métallurgie. — Classe 63. Grosse métallurgie, M. H. Pinget.

Classe 64. Petite métallurgie, M. E. Turbot.

Groupe XII : Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations. — Classe 73. Appareils et procédés du chauffage et de la ventilation, MM. J. Avril, H. Garnier.

Classe 74. Appareils et procédés d'éclairage non électrique, MM. L. Gaudineau, A. Lebon (en remplacement de M. E. Lebon), H. Luchaire (en remplacement de M. L. Luchaire).

Groupe XIV : Industrie chimique. — Classe 86. Arts chimiques et pharmacie, MM. E. Asselin, L. Billaudot.

Groupe XV : Industries diverses. — Classe 95. Horlogerie, M. P. Garnier. — Classe 98. Industrie du caoutchouc et de la gutta-percha. Objets de voyage et de campement, M. H. Hamet.

Groupe XVI : Économie sociale, Hygiène, Assistance publique. —

Classe 101. Rémunération du travail, Participation aux bénéfices, M. L. David.

Classe 102. Grande et petite industrie, Associations coopératives de production et de crédit, Syndicats professionnels, M. E. Lahaye.

Classe 104. Sécurité des ateliers, Réglementation du travail, M. G. Dufraisse.

Classe 105. Habitations ouvrières, M. E. Pierron.

Classe 107. Institution pour le développement intellectuel et moral des ouvriers, M. A. Neveu.

Groupe XVII : Colonisation. — Classe 113. Matériel colonial, M. A. Brûll.

Classe 114 : Produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies, M. Ch. Gallois.

Groupe XVIII : Armées de terre et de mer. — Classe 115. Armement et matériel de l'artillerie, M. J. Gévelot.

M. le Président a été informé qu'un Congrès international d'Hygiène et de Démographie se tiendra à Madrid en 1898. Le Bureau et le Comité ont désigné comme délégués de la Société à ce Congrès :

MM. E. Badois, Vice-Président de la Société ; A. Lavezzari, Secrétaire de la Société ; Barle, Directeur de la Compagnie Madrilène du Gaz ; E. Chabardès, Ingénieur à la Compagnie de Madrid à Saragosse et à Alicante ; Ch. Grébus, qui vient d'être nommé Directeur des Chemins de fer de Madrid à Saragosse et à Alicante ; A. Léon, Chef des Travaux et du Service commercial de la Compagnie Madrilène du Gaz et H. Stévenin, ingénieur à la Compagnie du Nord de l'Espagne.

M. le Président demande s'il y a quelque nouveau nom à ajouter.

La liste précédente est adoptée.

M. le Président fait connaître que le 7e Congrès international de navigation se tiendra à Bruxelles en juillet 1898. Il propose, avec le Bureau et le Comité, d'y déléguer pour représenter la Société M. J. Fleury, qui a déjà rempli plusieurs fois ces fonctions avec une compétence toute spéciale, M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier de la Société et M. Ernest Duchesne, du Bureau Veritas.

M. J. Fleury demande à signaler qu'il serait bon de nommer une délégation plus nombreuse et d'adjoindre aux noms déjà proposés ceux de plusieurs Collègues s'intéressant aux travaux des ports et de la navigation intérieure.

M. le Président dit qu'il sera certainement facile de trouver en Belgique des Collègues prêts à s'associer aux membres de Paris. D'ailleurs, il prie M. Fleury de vouloir bien à la prochaine séance présenter une liste de noms.

M. J. Fleury dit qu'il donnera une liste à la prochaine séance.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement :

Deux exemplaires d'une *Relation de la Commission nommée par le Gouvernement Italien pour formuler le programme qui doit servir de base au concours officiel de l'Italie à la grande Exposition universelle de Paris de 1900*. Ces exemplaires nous ont été adressés par notre Collègue M. A. Cottrau, Président de cette Commission ;

Et un ouvrage, offert par M. N. Watrin, intitulé : *les Ardoisières des Ardennes*, description et exploitation du schiste ardoisier; fabrication des ardoises; lever des plans d'ardoisières.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. G. Dumont pour présenter deux ouvrages, l'un sur un sujet très particulier : *les Songes chinois*, de notre Collègue M. Henri Chevalier, l'autre de M. Godfernaux sur la *Traction électrique*.

M. G. DUMONT rappelle que notre Collègue M. Henri Chevalier nous a fait en juillet dernier une communication intéressante sur les travaux publics en Corée. Sa connaissance de la langue coréenne lui a permis de traduire *Les Songes chinois*. Ce titre seul indique que cet ouvrage n'a rien de technique; aussi M. Dumont n'en fera-t-il pas le compte rendu; il se borne à le signaler, ce qui lui fournit l'occasion de féliciter notre Collègue d'avoir acquis une connaissance approfondie de la langue chinoise, et de l'engager à faire profiter notre Société de ce savoir tout spécial en continuant à lui communiquer les faits intéressant l'art de l'Ingénieur qu'il aura l'occasion de relever dans les ouvrages chinois.

M. G. Dumont demande la permission de parler ensuite très brièvement d'un autre ouvrage, celui-là rédigé pour des Ingénieurs, qui vient d'être offert à la Société par un de nos futurs Collègues, M. R. Godfernaux, Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à l'Exploitation du chemin de fer du Nord.

M. R. Godfernaux a fait une étude très approfondie d'une question de grande actualité et l'a exposée avec beaucoup de méthode dans l'ouvrage en question intitulé *la Traction mécanique des tramways*. Une analyse assez complète devant en être faite dans la chronique de nos bulletins par notre Collègue M. A. Mallet, M. Dumont indique seulement que cet ouvrage renseigne sur tous les systèmes de traction actuellement en usage et donne avec des développements techniques du plus grand intérêt, et puisés aux meilleures sources, des prix de revient aussi exacts que possible, qui sont fort difficiles à se procurer.

L'ouvrage, qui a été publié par la Maison Baudry et C^ie^, comprend d'abord une étude théorique et pratique de la résistance à la traction; l'auteur examine ensuite les tramways où l'énergie est produite directement sur le véhicule, ceux où cette énergie est empruntée à une usine centrale et emmagasinée dans le véhicule, et ceux enfin où l'énergie est empruntée à une usine centrale, mais distribuée aux voitures au fur et à mesure des besoins.

Cette classification très simple et très rationnelle a permis à M. R. Godfernaux d'apporter dans l'exposé des nombreux types d'automobiles sur rails une grande clarté.

En résumé, ce livre présente un intérêt très grand et M. Dumont pense que les Membres de la Société s'associeront à lui pour adresser des compliments à M. R. Godfernaux qui sera très prochainement Membre de la Société.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Dumont et souhaite la bienvenue à M. R. Godfernaux en le félicitant de son important ouvrage.

Il donne la parole à M. P. Jannettaz pour présenter le compte rendu d'un ouvrage de M. Verstraete, Consul de France, sur *la Russie industrielle.*

M. P. Jannettaz rappelle la communication faite l'an dernier par notre Collègue, M. Zbyszewski sur l'Exposition de Nijni-Novgorod, au moment où celle-ci fermait à peine ses portes. Il pense que tous ceux qui ont lu, avec l'intérêt qu'elles méritent, les pages de notre *Bulletin* où M. Zbyzsewsky a résumé l'état actuel des principales branches de l'industrie russe, seront heureux, pour celles de ces branches dont ils s'occupent spécialement, de consulter l'ouvrage très complet et détaillé qu'a publié cette année M. Verstraete, Consul de France sous le titre de : *la Russie industrielle. Étude sur l'Exposition de Nijni-Novgorod.*

M. Jannettaz passe successivement en revue les nombreux chapitres de cet ouvrage, groupés dans six parties (mines et métallurgie; machines; génie civil; industries textiles; produits manufacturés et art industriel; enseignement primaire et enseignement technique); et si ce soir il parle rapidement de ce qui touche à l'industrie minérale, c'est qu'il se propose de traiter prochainement cette question devant la Société. Mais il est un point sur lequel il insiste, d'une façon toute spéciale, c'est celui de l'importation des machines en Russie. En effet, actuellement, ce pays achète son outillage industriel; il y consacre chaque année des sommes atteignant 130 et même 160 millions. Sur cette somme, la France compte pour 2 millions. Peut-on remédier à cette situation fâcheuse? Oui, dit M. Verstraete; il faut faire comme les maisons allemandes et anglaises; il faut, comme elles, créer des **comptoirs techniques**, c'est-à-dire de grands établissements de commission, soutenus par un groupe de capitalistes ou par une banque, ayant des dépôts de modèles que l'industriel russe, auquel les dessins et les catalogues ne suffisent pas, peut venir examiner sur place. « Le Russe, dit M. Verstraete, prend volontiers ce qu'il voit. Il se méfie des descriptions et il a gardé l'habitude des foires où la marchandise est visible et palpable. Les Anglais et les Allemands, qui le connaissent bien, ont dans la plupart des villes de l'Empire des comptoirs techniques, c'est-à-dire des dépôts autorisés par le gouvernement impérial, dans lesquels se trouvent les principaux modèles qu'ils fabriquent. A la tête de ces comptoirs techniques, ils mettent des Ingénieurs le plus souvent de nationalité russe qui peuvent guider et conseiller le client. Il arrive que ces comptoirs se spécialisent; beaucoup parmi les plus récents s'occupent de l'éclairage électrique et des applications diverses de l'électricité; d'autres tiennent les machines-outils; d'autres enfin les machines agricoles. Mais la plupart renferment plusieurs catégories de machines; certains ont même toutes les sortes possibles et y joignent tous les accessoires imaginables, de manière que l'industriel peut, dans une même maison, se munir d'une installation complète. Ces comptoirs techniques font généralement beaucoup d'affaires. »

A cause de leur importance actuelle, M. Verstraete a particulièrement étudié les industries mécaniques dans son livre, mais il n'a pas pour cela laissé de côté les autres industries, et l'on peut dire qu'il a réuni pour toutes des informations utiles et pratiques. M. Jannettaz

espère que l'analyse de cet ouvrage, qu'il publiera au *Bulletin*, permettra de l'apprécier, mieux que l'exposé qu'il se hâte de faire pour ne pas retarder les communications portées à l'ordre du jour de la séance; il est convaincu que tous ceux qui ont eu l'occasion d'étudier sur place le développement de l'industrie en Russie concluront comme lui à la justesse des observations de M. Verstraete.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. P. Jannettaz du compte rendu qu'il vient de présenter avec beaucoup de clarté. Grâce à lui, il est facile d'apprécier l'importance et l'intérêt de l'ouvrage de M. Verstraete. M. le Président retient aussi que M. Jannettaz fera prochainement une Communication sur l'*Industrie minérale dans l'Oural*; il l'attend avec confiance.

L'ordre du jour appelle la Communication de M. J. Fleury sur le *Congrès des Naval Architects*.

M. J. FLEURY rend compte du Congrès international des *Naval Architects and marine Engineers* tenu à Londres au mois de juillet dernier, et auquel il avait, ainsi que MM. L. de Chasseloup-Laubat, A. de Dax, G. Hart et J. Heilmann, été délégué par notre Société.

Ce Congrès auquel, en outre de l'élément britannique, quinze nationalités différentes étaient représentées, a été fort nombreux et fort brillant. A l'occasion du *Diamond Jubilee* de la Reine, l'*Institution of Naval Architects* de Londres avait tenu à célébrer par ce Congrès, à la fois, le 60me anniversaire d'un règne sous lequel la Grande-Bretagne a tant prospéré, et le 37me anniversaire de la fondation de cette grande Institution, qui compte dans son sein tous les Ingénieurs qui s'occupent de l'industrie maritime.

C'était en même temps pour les *Naval Architects* une occasion de rendre les politesses que nous avions été heureux de leur faire lors de leur visite en 1895, celles aussi qu'ils avaient reçues à Hambourg et à Berlin en 1896.

Le Congrès s'est tenu à Londres du 5 au 10 juillet. Il s'est continué par une excursion en Écosse et à Newcastle. Partout, nous avons reçu l'accueil le plus cordial et le plus empressé, et c'est un agréable devoir pour les membres de la délégation de la Société des Ingénieurs civils de France de rendre hommage à la bonne grâce et à la distinction avec laquelle ils ont été accueillis, en particulier par le Président *The Right Hon The Earl of Hopetoun*, et l'aimable, sympathique et obligeant secrétaire M. *George Holmes*, qui s'est montré en tout un admirable organisateur.

M. Fleury rappelle les réceptions et les fêtes qui ont été offertes au Congrès, notamment la réception que sa Gracieuse Majesté la reine Victoria a daigné lui offrir à Windsor, et la soirée offerte aux Ingénieurs par l'*Institution of Naval Architects* et qui a été d'une splendeur et d'une cordialité inoubliables.

Les travaux du Congrès se divisent en deux catégories : les communications faites en séances, et les discussions dont elles ont été l'occasion ; et les visites d'ateliers et de chantiers.

Dans les premières, deux se distinguent tout d'abord, par leur importance et leur opportunité.

La première a pour titre : Revue des progrès de la machine marine, dans la flotte de guerre et la marine marchande, depuis la fondation de l'*Institution of Naval Architects* jusqu'à aujourd'hui. Ses auteurs sont sir Albert J. Durston, Engineer in-chief of Navy et M. J.-T. Milton, chief Engineer du Lloyd's Register ; tous deux étaient bien placés pour parler avec autorité de ce grand sujet.

Ces progrès consistent en résumé dans : l'adoption du condenseur par surface ; la substitution, aux chaudières de forme carrée, des corps cylindriques et, depuis, l'adoption des chaudières aquatubulaires ; l'adoption des hélices jumelles ; celle de la machine compound, d'abord, et ensuite de la triple expansion ; une meilleure qualité des métaux et leur meilleure répartition dans les organes. Les résultats acquis sont : une plus grande légèreté des machines, la diminution des vibrations ; plus de puissance sous un moindre poids ; une économie considérable de combustible ; une plus grande élévation de la pression ; une plus grande vitesse du piston et une plus grande vitesse de rotation des arbres moteurs. M. Fleury présente des graphiques sur lesquels ces résultats sont synthétisés sous une forme saisissante.

L'autre communication due au célèbre Ingénieur sir Edward J. Reed est l'historique des progrès faits dans les théories mathématiques de la construction navale. Ici, les progrès ont porté sur le calcul des déplacements au moyen des méthodes graphiques ; sur celui de la stabilité et la recherche si délicate du moment de redressement qui nécessite l'étude préalable du roulis et du tangage, phénomènes qui paraissent au premier abord se dérober à l'observation et au calcul ; puis viennent l'heureuse application des théories de la résistance des matériaux dans le calcul des résistances transversales et longitudinales. Viennent ensuite des communications d'un ordre plus spécial sur la métallurgie des grands arbres des machines marines ; sur les cuirasses et les projectiles, par le savant M. Bertin, directeur de l'École du Génie maritime de France ; sur les phénomènes perturbateurs des remous d'hélices, dans les navires rapides et plusieurs autres. Toutes ces communications ont donné lieu à des discussions intéressantes dont M. Fleury présente un rapide aperçu.

Il passe ensuite au compte rendu des visites faites par le Congrès aux docks de Londres, à l'arsenal de Portsmouth et, enfin, aux grands chantiers de construction de MM. Denny brothers et de la Fairfield C°, sur la Clyde, et de MM. Armstrong à Elswick, près de Newcastle-on-tyne.

Ce sont d'éloquents témoignages de la puissance industrielle de la Grande-Bretagne. M. Fleury en donne une rapide description. Comme travaux en cours, les membres du Congrès ont vu sur les chantiers de la Fairfield C° onze grands navires de guerre ou grands paquebots en construction ; chez MM. Denny brothers, un nombre à peu près égal, et en particulier, le grand croiseur *Diadem* qui sera le cinq cent quatre-vingt-quinzième grand navire construit par cette famille depuis la fondation de ses chantiers qui remonte à cinquante-deux ans.

Chez MM. Armstrong, les congressistes ont vu à divers états d'avancement 18 navires de guerre, d'un déplacement total de 91 000 *t*, des

paque bots et cargo-boats d'un tonnage total de 40 000 *t* et 900 pièces d'artillerie. Cette puissante maison qui occupe normalement 24 000 ouvriers, ne paraissait pas se ressentir de la grève qui commençait à ce moment et n'est pas encore finie.

Partout, les congressistes ont trouvé l'accueil le plus aimable et le plus cordial. Comme le leur a dit le président de l'institution, on était là entre *brothers in science.*

Les membres de la délégation de la Société des Ingénieurs Civils de France saisissent avec empressement cette occasion d'adresser à leurs amis d'Outre-Manche leurs remerciements pour cette splendide réception dont ils gardent un vif souvenir.

M. le Président remercie M. J. Fleury de sa très intéressante communication; c'est un éloquent plaidoyer en faveur de nos voyages à l'étranger. Ceux-ci n'ont pas seulement pour résultat de créer des sentiments d'estime réciproque, mais aussi de produire le croisement des idées qui favorise le progrès comme le croisement des familles favorise le développement des espèces.

La parole est donnée à M. J.-A. Amiot, pour sa communication sur *la construction de souterrains par la « Méthode du bouclier ».*

M. J.-A. Amiot fait l'historique des principaux travaux exécutés par cette méthode, depuis Brunel qui l'inventa en 1823, jusqu'aux derniers travaux de ce genre.

Il décrit successivement la construction du tunnel de la Tamise, des tunnels de l'Hudson et de Saint-Clair aux États-Unis et de ceux établis en Angleterre, à Londres, à Glasgow et à Édimbourg.

Abordant ensuite la description des applications françaises de la « Méthode du bouclier », il expose les difficultés et les préventions contre lesquelles dut lutter M. Berlier pour introduire en France cette méthode si féconde.

Le succès avec lequel furent exécutés les siphons de Clichy-Asnières, dont M. Amiot dirigea les travaux pour le compte de M. Berlier, força les plus prévenus à reconnaître la supériorité de la méthode du bouclier sur les méthodes anciennes. Aussi fut-il le point de départ de nouvelles applications qui vont se développer de plus en plus, témoin la condition imposée par le Chemin de fer d'Orléans de l'emploi du bouclier pour exécuter son prolongement jusqu'à la Cour des Comptes.

M. Amiot, en raison de l'heure très avancée, ne peut donner qu'un aperçu sommaire des travaux des siphons de Clichy et de la Concorde. La description complète se retrouvera au *Bulletin*, ainsi que des notes intéressantes sur la construction du collecteur de Clichy exécuté en maçonnerie avec emploi du « bouclier » par M. Chagnaud, pour la partie extra-muros, et par MM. Fougerolles frères, pour la partie intra-muros.

M. Amiot s'excuse de ne pouvoir, en raison de l'heure tardive, donner les appréciations qu'il avait préparées sur l'emploi comparatif du revêtement en fonte et du revêtement maçonné; ceux de nos confrères que la question intéresse les retrouveront au *Bulletin.*

M. le Président remercie M. Amiot. La publication au *Bulletin* de sa très intéressante communication permettra d'étudier les points que le

temps l'a obligé de laisser de côté ce soir. Nous devons être heureux et de rappeler que c'est à un Ingénieur français qu'est due l'invention du bouclier et de constater les nombreuses applications de cette méthode. Il est permis de se demander si elle ne prendra pas une rapide extension au détriment de la construction des grands ponts. En tous cas, son emploi est extrêmement commode dans les villes, où les déblais sont si encombrants, et tout indiqué, notamment pour la construction des égouts; car on arrive, comme actuellement à Clichy, à construire des voûtes jusqu'à 45 *cm* de la chaussée. Nous devons nous féliciter de voir ainsi appliquée en France cette méthode toute française.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L. Arraou, E. Avril de Gastel, L. Berthon, P. Garnier, J.-C. Laffargue, W. Pastakoff et J. Robert, comme Membres sociétaires et de MM. V. Boissart, Ch.-P.-E. Durier, J. Grégoire et V.-A. Thirion comme Membres associés.

MM. J.-P. Arrachart, D. Becker, C. Butticaz, P.-Ch. Carré, J. Charignon, J. Cousin, A. Duprat, G. Fettweis, L.-M. Le Marié, P.-O. Lévy-Salvador, L. de Méeus, L. Rey, E.-V. Ronceray, E.-L. Rouquier, R.-M. Schwob, Ph.-L.-Serre, J.-F. Timmermans, C.-A. Vincent sont reçus membres sociétaires, et M. E.-L. Borderel, membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
P. JANNETTAZ.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 DÉCEMBRE 1897

PRÉSIDENCE DE M. Ed. LIPPMANN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale conformément à l'article 17 des Statuts, pour entendre le compte rendu de la situation financière, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION AU 30 NOVEMBRE 1897

MESSIEURS,

Le 1er décembre 1896 les Sociétaires étaient	2 724
Du 1er décembre 1896 au 30 novembre 1897, les admissions ont été de	395
Pendant le même laps de temps la Société a perdu, par suite de décès, démissions et radiations	65
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1897 est ainsi de	3 054

Par conséquent, le nombre des membres de la Société des Ingénieurs Civils de France a augmenté de 330 pendant l'année entière.

C'est là un résultat très beau dont la Société a tout lieu d'être fière. Il est dû en partie au fait que notre nouvel hôtel nous a fait davantage connaître dans les milieux les plus différents; mais la cause principale en est sans conteste le dévouement avec lequel un certain nombre de nos collègues et en particulier notre honorable Président, M. Lippmann, se sont occupés de la tâche si utile et si féconde du recrutement des nouveaux membres.

Qu'il me soit permis de leur adresser ici les remerciements les plus sincères et les plus chaleureux : je suis sûr que tous les Sociétaires auront à cœur de s'associer à l'hommage que je leur rends ici.

Il est à espérer que le bel élan donné à notre Société continuera en 1898 avec la même vigueur que pendant l'année qui vient de s'écouler: il ne faut pas, en effet, oublier que la Société des Ingénieurs Civils de France doit chercher à grouper dans un même puissant faisceau homogène toutes les capacités et les bonnes volontés qui risqueraient fort, si elles restaient isolées, de ne point acquérir la situation et l'influence auxquelles elles ont droit.

Le bilan ci-joint vous permet facilement de vous rendre compte de la situation de la Société.

L'actif comprend :

1° Le fonds inaliénable	Fr.	85 994,80
2° Les espèces en caisse		5 572,70
3° Les débiteurs divers		64 255,86
4° La souscription Flachat (compte d'ordre)		23 836,32
5° La bibliothèque		10 000 »
6° Le mobilier ancien		6 500 »
7° Les frais de premier établissement		15 269,18
8° L'immeuble nouveau		1 044 451,59
TOTAL	Fr.	1 255 880,45

Le passif se compose de :

1° Les créditeurs divers	Fr.	20 243,06
2° Les Prix divers échus ou en cours		6 868,35
3° Le monument Flachat (compte d'ordre)		23 836,32
4° L'emprunt		600 000 »
5° Les coupons		16 917,46
6° Le fonds de secours		230,40
7° Les frais de premier établissement		7 783,24
8° Les créditeurs sur immeuble nouveau		64 386,83
9° L'Avoir de la Société		515 614,79
TOTAL	Fr.	1 255 880,45

Vous remarquerez dans ce bilan que le compte *débiteurs divers* s'élève à 64 255,86 *f*. Il présente donc une diminution sensible sur le compte correspondant des exercices précédents. C'est qu'il nous a fallu réaliser une partie de nos fonds au fur et à mesure que notre architecte, M. Delmas, avait à solder les mémoires des entrepreneurs.

La *Souscription Flachat* ne figure plus que pour 23 836,32 *f*, parce que le monument Flachat étant presque terminé, nous avons dû payer un premier acompte sur la demande que nous a régulièrement adressée M. Trélat, président du comité du monument Flachat.

Les *frais de premier établissement* s'élèvent à 15 269,18 *f*. Nous vous rappelons à ce sujet qu'au début de l'exercice actuel les deux Comités réunis ont décidé qu'il conviendrait de porter au compte de construction les dépenses occasionnées par la fête d'inauguration. Mais comme il est évident que ces dépenses n'ont donné lieu à aucune augmentation réelle d'actif, nous avons cru devoir les porter, non point au compte de l'immeuble nouveau, mais bien au compte de premier établissement. Nous estimons ainsi d'une part respecter l'esprit de la décision — fort sage à notre avis — des deux Comités réunis et, d'autre part, laisser en évidence une somme que la prudence nous invite à amortir le plus tôt possible.

Au passif, vous remarquerez que le compte *Créditeurs divers* s'élève à 20 243,06 *f*, ce qui n'est pas étonnant, étant donnée la période de transition que nous traversons en ce moment.

L'*Emprunt* se trouve maintenant porté au total de 600 000 *f*, par suite de l'émission complète de nos obligations.

Les *frais de premier établissement* vous montrent que, malgré les char-

ges considérables et extraordinaires de l'exercice actuel, nous avons déjà pu amortir sensiblement les débours occasionnés par la fête d'inauguration. Nous espérons avoir ainsi montré notre ferme désir d'assurer l'avenir de la Société afin de faciliter tous les développements que nous espérons et comptons bien lui voir prendre.

Sur l'*immeuble nouveau*, il reste dû actuellement 64 386,83*f*. En rapprochant ce chiffre de ceux des deux chapitres créditeurs divers et débiteurs divers, et en tenant compte également du fonds de roulement indispensable à la marche générale de la Société, nous estimons que nous pouvons d'ores et déjà ramener à une soixantaine de mille francs les sommes à payer sur notre nouvel hôtel.

Pourtant, pendant l'exercice actuel, notre avoir s'est augmenté de 15 444,20 *f*.

Nous comptons donc, à moins d'événements imprévus, que l'excédent annuel de nos recettes nous permettra d'amortir cette somme, 60 000 *f*, avant l'année 1902, époque à laquelle doit commencer l'amortissement de notre emprunt.

Ces résultats sont fort encourageants. Ils dépassent sensiblement les prévisions qui découlaient pour moi d'un premier examen rapide de la situation générale de la Société, lorsque vous m'avez fait le grand mais lourd honneur de me nommer votre Trésorier ; ils sont dus surtout à l'augmentation du nombre des membres de la Société, augmentation dont il convient, comme je l'ai déjà dit, de remercier tous ceux qui se sont occupés de cette importante question. Nous devons également exprimer notre gratitude aux généreux Collègues, MM. Ancora Lins de Vasconcellos, de Alvarenga Peixoto, Boileau, Grosdidier, Mestayer, Michon, Ramos da Silva, Squilbin, Vlasto, qui, par des dons volontaires s'élevant à 1 054 *f*, plus M. E. Simon, 70,75 *f*, anonyme, 35 *f* et divers 5,50 *f* pour fonds de secours, ont bien voulu apporter un allégement sensible aux charges de notre budget.

Enfin, nous ne devons pas oublier de rappeler ici le zèle et le dévouement avec lesquels notre personnel appointé et, en particulier, notre actif Secrétaire Administratif, M. de Dax, s'est acquitté du travail réellement très considérable nécessité par l'installation du nouvel hôtel et le développement sans cesse croissant de nos locations.

En résumé, Messieurs, la situation de notre Société est bonne et bien meilleure qu'on aurait pu le penser, eu égard aux charges écrasantes des deux derniers exercices. Néanmoins, il convient de travailler sans cesse à augmenter nos recettes et à diminuer nos dépenses dans la mesure du possible. C'est pour atteindre ce but qu'en terminant, je me permettrai d'adresser ici un chaleureux appel au dévouement de tous ceux qui, moralement ou matériellement, peuvent accroître la situation déjà si grande qu'occupe la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le Trésorier,
CHASSELOUP-LAUBAT.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes de l'exercice écoulé.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

BILAN AU 30 NOVEMBRE 1897

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . Fr.	10 000 »		
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi. . . .	6 000 »		
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05		
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0	3 730 »		
e. Fondation Coignet » »	4 285 »		
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .	4 857,75		
g. Don anonyme	6 750 »		
		85 994,80	
2° Caisse :			
Solde disponible . . . . . Fr.		5 572,70	
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1897 et années antérieures (après réduction de 50 0/0) . . . . . Fr.	9 552		
Obligations, banquiers et comptes de dépôt. . .	54 185,86		
Divers.	518 »		
		64 255,86	
4° Souscription Flachat (compte d'ordre) . Fr.		23 836,32	
5° Bibliothèque :			
Livres, catalogues, etc.		10 000 »	
6° Mobilier ancien		6 500 »	
7° Frais de premier établissement :			
Frais d'aménagement, réparations, installation provisoire . . . . . Fr.	7 895,29		
Fête d'inauguration	7 373,89		
		15 269,18	
8° Immeuble nouveau :			
Terrain et frais. . . . . Fr.	398 660,30		
Terrasse	10 108 »		
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	169 680,40		
Charpente, fer et bois	130 300,48		
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	19 820,95		
Canalisation, pavage et divers	11 470,36		
Couverture et plomberie.	28 794,40		
Fumisterie.	30 151,75		
Serrurerie	56 932,05		
Menuiserie, parquets	58 006,95		
Peinture, vitrerie.	29 249 »		
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	36 230,45		
Ameublement	32 399,15		
Divers Hôtel	2 090 »		
Honoraires.	30 557,35		
		1 044 451,59	
	Fr.	1 255 880,45	

PASSIF

1° Créditeurs divers :			
Impressions, planches, croquis, frais de déménagement, divers, travaux en cours . . Fr.	5 176,06		
Créditeurs divers	15 067 »		
		20 243,06	
2° Prix divers 1897 et suivants :			
a. Prix Annuel . . . . . Fr.	(mémoire)		
b. Prix Nozo	614,90		
c. Prix Giffard 1899.	5 130,85		
d. Prix Michel Alcan.	405 »		
e. Prix Coignet	450 »		
f. Prix Couvreux	237,60		
		6 868,35	
3° Monument Flachat (compte d'ordre) . . Fr.		23 836,32	
4° Emprunt		600 000 »	
5° Coupons :			
N°s 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897 . . Fr.	2 359,48		
N° 3. — 1er juillet 1897.	3 485,23		
N° 4. — 1er janvier 1898	11 072,75		
		16 917,46	
6° Fonds de secours . . . . . Fr.		230,40	
7° Frais de premier établissement :			
Frais d'aménagement, réparations et installation provisoire . . . . . Fr.	3 409,74		
Fête d'inauguration.	4 373,50		
		7 783,24	
8° Immeuble nouveau :			
Maçonnerie, sculpture, marbrerie . . . . . Fr.	17 931,90		
Charpente, fer et bois.	14 070,23		
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile. . .	4 020,95		
Canalisation, pavage, divers.	1 000 »		
Couverture et plomberie	2 000 »		
Fumisterie.	3 000 »		
Serrurerie	3 000 »		
Menuiserie, parquets	6 000 »		
Peinture, vitrerie	3 000 »		
Installation gaz et électricité, appareillage . . .	3 500 »		
Ameublement	3 538,40		
Honoraires.	3 325,35		
		64 386,83	
Fr.		740 265,66	
Avoir de la Société.		515 614,79	
Fr.		1 255 880,45	

Bull.

M. le Président dit que l'année qui s'achève a été très laborieuse au point de vue des services financiers ; au travail courant qui, de fait, s'accroît avec l'augmentation du nombre des Membres de la Société, sont venus s'ajouter les minutieux détails des comptes relatifs à la construction, à l'aménagement, à la mise en valeur de notre hôtel. Notre infatigable Trésorier a employé, dans l'accomplissement de sa tâche, un zèle, un soin et un dévouement au-dessus de tout éloge, et M. le Président propose à l'Assemblée de voter de chaleureux remerciements à notre sympathique Collègue, M. L. de Chasseloup-Laubat.

Ces remerciements sont votés par *acclamation*.

Il est ensuite procédé aux élections des membres du Bureau et du Comité pour l'Exercice 1898, qui donnent les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. Loreau, A.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
MM. Dumont, G.	MM. Jannettaz, P.
Rey, L.	Lavezzari, A.
Badois, E.	Baignères, G.
Mesureur, J.	Soreau, R.

Trésorier : M. de Chasseloup-Laubat, L.

COMITÉ

MM. Couriot, H.	MM. Regnard, P.
Bodin, P.	Petit, Germain.
Roger, P.	Moreau, Aug.
Mallet, A.	Simon, E.
Honoré, F.	Salomon, L.
Richou, G.	Carpentier, J.
Langlois, M.-L.	Gassaud, P.
Liébaut, A.	Gallois, Ch.
Derennes, E.	Hillairet, A.
Bert, E.	Pontzen, E.
PérigNon, E.	Baudry, Ch.
Compère, Ch.	Sartiaux, E.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

CONSTRUCTION DES SOUTERRAINS

PAR

LA MÉTHODE DU BOUCLIER

PAR

J.-A. AMIOT

INGÉNIEUR CIVIL

CHEF DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DES SIPHONS DE CLICHY ET DE LA CONCORDE

I

Lorsqu'en raison de la nature des terrains à traverser, la construction d'un souterrain semble devoir présenter d'exceptionnelles difficultés; lorsqu'il s'agit d'exécuter rapidement un ouvrage de ce genre ; lorsqu'enfin dans les projets de chemins de fer urbains on veut rassurer le public sur les conséquences qu'il redoute, il est maintenant d'un usage courant d'annoncer qu'on aura recours à la *méthode du bouclier* pour l'exécution du travail.

Bien qu'elle soit depuis longtemps pratiquée à l'étranger, cette méthode, due à l'illustre Ingénieur Brunel, notre compatriote, était peu connue en France où, jusqu'en 1893 elle n'avait jamais été appliquée et il fallut à notre Collègue Berlier, qui l'avait chaudement préconisée dès 1884 dans son projet de Tramway Tubulaire Souterrain, une grande ténacité pour en faire admettre les avantages ; aussi la construction du Siphon de Clichy-Asnières par ce procédé fut-elle pour beaucoup une véritable révélation.

Cette construction dont j'ai eu l'heureuse chance d'être appelé à diriger les travaux, marque donc une date intéressante dans l'art de l'Ingénieur, puisque, *pour la première fois en France*, le « bouclier » y fut employé dans des conditions telles que la méthode triompha de l'indifférence regrettable dont on avait jusqu'alors fait preuve à son égard.

Cette *méthode du bouclier* est en train de devenir classique chez nous ; le chemin de fer d'Orléans vient de l'imposer pour l'exécution des souterrains de son prolongement jusqu'à la Cour des

Comptes; il m'a semblé que le moment était opportun de faire connaître ou de rappeler à ceux de nos Collègues auxquels elle n'est pas familière, ses diverses applications et les formes qu'elle a affectées dans les principaux ouvrages exécutés jusqu'à ce jour.

II

La « méthode du bouclier » pour l'établissement des souterrains peut se définir en quelques mots. Au lieu de soutenir le sol par des boisages qu'il faut établir au fur et à mesure du déblai, et enlever ensuite partiellement en abandonnant presque toujours un cube important de bois, on a recours à un appareil protecteur mobile, dont la forme extérieure correspond à la section définitive de l'ouvrage, disposé de telle sorte qu'il soutienne constamment les terres au front et sur les flancs de l'attaque et puisse être poussé en avant à mesure que celle-ci progresse, sans cesser de maintenir le sol à l'arrière jusqu'à ce que l'on ait établi sous son abri le revêtement définitif. En résumé, c'est un boisage qui marche et ne laisse derrière lui, — comme cela est inévitable par les procédés ordinaires, — aucune pièce engagée et perdue.

Suivant les circonstances, le « bouclier » comporte des dispositions différentes. Nous décrirons les principales. Mais en principe, c'est toujours un abri mobile qui, serré sur le front de taille, protège les mineurs contre l'éboulement du sol, et sert parfois lui-même dans les terrains fluents à exécuter le terrassement.

Les divers chantiers d'extraction des déblais et de construction du revêtement sont nécessairement très rapprochés; mais si l'on considère que la suppression du boisage facilite beaucoup la circulation, l'approvisionnement des matériaux et l'enlèvement des déblais, on conçoit qu'il n'en résulte aucun inconvénient, bien au contraire, car il n'est jamais recommandable dans l'exécution des souterrains par quelque méthode que ce soit de laisser trop longtemps le terrain sur les bois et si, dans la pratique courante, les chantiers des maçons et des mineurs sont souvent assez éloignés, il faut l'attribuer uniquement aux obstacles apportés à la circulation par l'encombrement des charpentes et le travail des boiseurs, maçons et terrassiers qui se gênent forcément les uns les autres.

Le « bouclier », engin unique qui progresse avec l'attaque elle-même, supprime complètement ces inconvénients et permet un travail à la fois plus rapide et moins dangereux.

Si, comme il est d'usage, on veut rechercher dans l'histoire ancienne, les origines d'un procédé relativement très moderne, il faudrait attribuer aux inventeurs de la fameuse « tortue lacédémonienne », l'idée mère de s'avancer sous un abri mobile formé de tous les boucliers des assaillants, jusqu'à la base des murailles qu'ils devaient saper malgré les projections des défenseurs.

Mais ce serait peut-être remonter un peu loin, bien que le nom de « bouclier » donné à l'appareil qui nous occupe, implique en même temps que l'idée de protection, une réminiscence des souvenirs de l'antiquité.

Quoi qu'il en soit de cette très discutable hypothèse, c'est à Sir Mark Isambard Brunel que revient tout l'honneur d'une invention dont, au début, les applications furent très restreintes; mais que la nécessité, chaque jour plus impérieuse, d'aller vite et de passer dans tous les terrains, tend à généraliser en même temps que les avantages de son emploi apparaissent plus évidents.

III

Bouclier de Brunel. — Dès 1798, on se proposa d'établir un passage sous la Tamise, à Gravesend; le projet, dressé par Ralph Dodd, ne reçut aucun commencement d'exécution. En 1804, Chapman établit un projet pour un tunnel à Rotherhite; on commença les travaux en 1807 en creusant un puits à une centaine de mètres du fleuve; mais il fut impossible de continuer en raison de l'afflux de l'eau et des sables. Trevithick s'engagea alors à construire un passage souterrain sous le lit de la Tamise et réussit à pousser une galerie de 1,520 *m* de hauteur, 0,76 *m* de largeur au sommet et 0,91 *m* à la base sur une longueur de 320 *m* environ; mais l'eau envahit brusquement le chantier et les travaux furent abandonnés.

Les procédés connus avaient donc subi un échec complet, lorsqu'en 1823 il se forma une Compagnie pour l'exécution du projet de Brunel, l'illustre Ingénieur français qui a porté si haut en Angleterre, le renom de son pays.

Ce projet comportait le fonçage d'un puits de 15,24 *m* de diamètre extérieur avec un revêtement en briques dures de 0,91 *m* d'épaisseur et l'établissement d'une galerie. Il fut descendu à travers un lit de sable et gravier de 8 *m* environ, puis à la profondeur de 12,20 *m*, la nature du sol ayant changé, le cuvelage

resta adhérent et ne descendit plus; il fut nécessaire de le continuer par une reprise en sous-œuvre que la mauvaise nature du déblai rendait particulièrement difficile. On donna à cette seconde partie une épaisseur de 1,20 *m*. A la profondeur de 24,40 *m*, on construisit un radier, avec au centre, un puisard pour recueillir et permettre l'épuisement des eaux qui ne manqueraient pas de provenir de la galerie; à ce moment, il y eut un brusque envahissement de sable et d'eau, qui mit l'ouvrage dans une situation critique dont on ne triompha qu'au prix des plus grands efforts.

Enfin, on put attaquer la galerie. Celle-ci avait une largeur de 11,57 *m* et une hauteur de 6,77 *m*. Quand on pense que le plus grand tunnel construit depuis sous la Tamise, — celui de Blackwall qui vient d'être terminé et sur lequel nous reviendrons — atteint à peine 9 *m* de diamètre, on est frappé d'admiration pour la hardiesse du constructeur qui osa une telle entreprise et sut la mener à bonne fin, grâce au « bouclier » dont il fut le génial inventeur.

Ce « bouclier » *(fig. 1 et 2, Pl. 203)* consistait en douze châssis ou cadres en fonte, juxtaposés sur le front d'attaque de l'ouvrage et susceptibles d'être glissés en avant indépendamment les uns des autres sur une courte distance, au moyen de vérins prenant appui sur la maçonnerie de briques qui constituait le revêtement définitif de l'excavation, en même temps que la charge des terres était reportée sur les cadres voisins au moyen de pièces en contre-fiches appelées « bras ». Le ciel, les flancs et le front de taille étaient constamment maintenus par des semelles prenant appui sur les cadres et serrées contre le sol au moyen d'un agencement assez compliqué de vérins articulés; la maçonnerie suivait immédiatement l'avancement de chacun des châssis. Chacun d'eux était divisé en trois étages dans lesquels travaillait un mineur, et l'avant des compartiments était protégé par une série d'étroits blindages que l'ouvrier pouvait manœuvrer à son gré pour limiter la surface attaquée. Il commençait par en enlever un et déblayait à une quinzaine de centimètres de profondeur puis replaçait le blindage sur le fond de l'excavation en le butant fortement au moyen de vérins. Cette opération se répétait jusqu'à ce qu'il eut obtenu le même avancement sur toute la surface correspondante à son compartiment.

On faisait alors avancer de la même course, tout le châssis et la série des opérations recommençait. Les châssis étaient poussés lentement et avec les plus grandes précautions et immédia-

tement on bloquait la maçonnerie derrière. Cette maçonnerie comportait deux voûtes de 8,01 *m* du radier à la clé et 4,17 *m* d'ouverture aux naissances.

Au cours des travaux, le « bouclier » fut tellement endommagé, qu'on dut le remplacer totalement.

L'attaque du tunnel avait eu lieu en janvier 1826 dans un sol argileux; mais dès les premières semaines on éprouva de grandes difficultés en raison de la rencontre de failles remplies de sable et gravier. Ces obstacles n'empêchèrent pas cependant d'avancer de 106 *m* la première année. Parfois l'argile fluide traversa le « bouclier ».

On avait eu soin de remplir de glaise les trous du lit de la rivière pour empêcher l'envahissement des eaux et la chute du toit. Les travaux continuèrent sans incident jusqu'au 12 mai 1827. Ce jour-là les eaux envahirent le chantier avec une telle rapidité et une telle violence que M. Beamish, l'Ingénieur chef de service, et ses hommes échappèrent de bien peu à la mort.

En examinant le fond de la rivière avec la cloche à plongeur on reconnut un affouillement de 650 *mc.*

Des toiles goudronnées furent étendues sur toute la surface de l'affouillement puis on remblaya avec de la glaise.

On épuisa alors le tunnel et le 27 juin on put y rentrer. Aucune partie construite n'avait souffert. Ce ne fut qu'à la fin de septembre qu'ayant procédé au déblaiement des terres qui l'avaient envahi on fut en mesure de reprendre le travail d'avancement, mais celui-ci resta très lent en raison de l'énorme afflux d'eau qui atteignait jusqu'à 5 1/2 *mc* à la minute.

En janvier 1828 la longueur de la galerie était de 183,50 *m* lorsque la rivière fit encore irruption soudainement dans le chantier, et le tunnel se remplit si rapidement que, seul des sept personnes qui étaient avec lui, Brunel échappa à la mort; il fut charrié par le flot jusqu'au puits où l'on put le sauver.

La faille dans la rivière fut de nouveau comblée et le 12 avril le « bouclier » fut remis en action. Pendant cette première période les ressources de la Compagnie s'étaient épuisées et l'on dut arrêter les travaux.

Pour assurer autant que possible la conservation de l'ouvrage pendant cette suspension on construisit à l'avancement un solide bloquage pour s'opposer à l'envahissement des eaux. La partie construite du tunnel fut éclairée au gaz et l'on admit le public à la visiter. Ce fut une puissante attraction.

Le public suivait, en effet, avec le plus vif intérêt les progrès de ce travail audacieux qui produisait sur l'esprit des contemporains une impression profonde.

Cet état particulier est rendu d'une façon saisissante par une lettre publiée dans la correspondance de Miss Fanny Kemble, la célèbre artiste anglaise. C'est un document, pris sur le vif, provenant d'un témoin oculaire et dont je ne résiste pas au plaisir de reproduire un extrait. Il évoque l'aspect de l'ouvrage peut-être mieux, dans son style imagé, qu'une description purement technique.

En décembre 1829, Miss Fanny Kemble écrivait à une amie :

« Depuis ma dernière lettre nous avons visité le grand Dock des Indes orientales et le tunnel de la Tamise. Oh ! chère amie !... Que c'est une jolie chose que l'homme ! Anéanti par chacun des éléments s'il affronte seul leur puissance, il réussit par son génie à les réduire en esclavage et à se faire obéir par toutes leurs forces réunies. Il pénètre dans les entrailles de la terre, il détourne le cours des fleuves, il élève les vallées, il abaisse les montagnes puis il meurt et les hommes qui lui survivent ne se souviennent plus de lui.

. . . . . .

» Maintenant il faut que je m'efforce de vous expliquer ce que c'est que ce *tunnel*.

» La première porte à laquelle on parvient par un escalier donne accès à une plate-forme circulaire qui entoure l'orifice d'un puits. Ce puits est une immense construction en fer de forme cylindrique, remplie par des briques. Cette construction a été achevée sur le sol, puis, par je ne sais quel mystérieux procédé de mécanique enfoncé au sein de la terre.

» Au milieu de ce puits se trouve une machine à vapeur, et de quelque côté que vous regardiez vous apercevez ses grands bras à l'œuvre et vous entendez un craquement, un brisement, un tourbillonnement qui, au premier moment, donne la sensation de devenir fou. Cependant j'aurais voulu demeurer là quelque temps encore à regarder se mouvoir avec tant d'activité et de sagesse ces belles travailleuses créées par l'invention humaine. Mais j'ai dû suivre les autres, ce que j'ai fait la dernière et, comme eux, je suis descendue par un escalier de bois et, au moyen de planches branlantes, jusqu'au fond du puits.

» Arrivé là, on aperçoit à travers une arche immense et

sombre une galerie voûtée dont les blancs arceaux se succèdent à perte de vue et portent le regard aussi loin qu'il peut s'étendre; le sol est uni, le tout est éclairé par une série de lampes de gaz qui y répandent une lumière égale au grand jour. Cela m'a fait penser plus qu'à aucune autre chose, à ces avenues de lumière qui, dans les contes de fées, conduisent au séjour des génies.

» Le profond silence de ce lieu, où la voix de mon père qui le rompit le premier, résonna d'une façon extraordinaire; l'impression produite par cette immensité souterraine, la surprise et le ravissement que j'éprouvais me causèrent une insurmontable émotion.

. . . . . .

» Notre nom ne nous est pas inutile : M. Brunel, qui était non loin, surveillant les travaux, apprenant que mon père était là, s'approcha de lui et lui proposa de nous conduire jusqu'au lieu où les ouvriers travaillaient, faveur exceptionnelle dont, comme de raison, nous profitâmes avec joie.

» Alors il nous fit quitter notre belle avenue lumineuse et nous conduisit par de sombres passages à travers les cordages et les planches amoncelés sur le sol et où de tous côtés de petites sources jaillissaient autour de nous, le tout de l'aspect le plus étrange!

» Vous savez qu'un jour la Tamise transperça le tunnel et que maintenant pour que la vie des ouvriers ne soit pas en danger dans le cas où un accident pareil se renouvellerait, ils travaillent dans une sorte de cage en fer à compartiments qui se meut et avance à mesure que le terrain déblayé leur permet d'aller plus avant. Tout ceci est merveilleux et frappant au delà de toute expression, et les ouvriers eux-mêmes m'ont paru aussi curieux à voir que le reste, les uns avec leurs visages noircis, leurs bras et leurs jambes nus, debout jusqu'aux genoux dans une eau noire, les autres laborieusement occupés à creuser dans leur cage la terre aussi noire que l'eau et chantant tout en travaillant, tandis que la lueur rougeâtre des torches et des lanternes jetait sur eux des reflets de lumière d'un effet saisissant. »

. . . . . .

N'est-elle pas jolie cette lettre d'une artiste tout à fait étrangère à l'art de l'Ingénieur, mais dont l'esprit élevé décrit d'une façon si vivante et l'ensemble de l'ouvrage et l'aspect des ouvriers à leur tâche?

Après de multiples sollicitations, le Gouvernement anglais consentit à avancer les fonds nécessaires pour terminer le tunnel, Un nouveau « bouclier » fut substitué à celui qui avait été détérioré lors de l'envahissement des eaux et de cette époque jusqu'en 1842, le travail progressa lentement, avec des avancements de quelques décimètres par semaine. Il y eut encore trois fois envahissement par l'eau et un ouvrier y périt; on continua à remblayer avec de la glaise au-dessus de l'avancement toutes les fois que les sondages révélaient un affaissement dans la rivière.

Lorsque le tunnel approcha de la rive de Wapping on suspendit les travaux et l'on construisit un autre puits. Enfin le 13 août 1841, M. Brunel passa du puits dans le tunnel par une petite galerie de direction. A la fin de novembre les châssis du bouclier touchèrent le revêtement du puits dans lequel ils pénétrèrent comme ils avaient pénétré dans le sol et le 25 mars 1843 le tunnel fut ouvert au passage des piétons.

Le tunnel entre les puits a 365 *m* de longueur. Il a coûté 11 368 000 *f*.

Le prix de revient du mètre courant ressort donc au prix de 31 145 *f*; et l'avancement moyen journalier a été à peine de 6 *cm*.

Il n'en est pas moins évident que cet ouvrage si difficile n'eût jamais pu être exécuté par les méthodes ordinaires que l'on avait d'ailleurs précédemment essayé en vain d'employer et qu'en inventant le *bouclier*, qui lui permit de réaliser son audacieuse entreprise, Sir Mark Isambard Brunel a ouvert aux constructeurs une voie féconde.

Disposant aujourd'hui des ressources de toute nature que nous fournit l'industrie moderne nous ne devons pas nous étonner de cet avancement si minime qu'obtenait chaque jour l'illustre précurseur qui, en 1823, alors que machines et procédés étaient encore bien rudimentaires, trouvait dans la puissance de son génie les moyens de réaliser un ouvrage dont les dimensions n'ont été atteintes dans aucun des travaux analogues exécutés depuis cette époque.

On a modifié et perfectionné beaucoup le bouclier de Brunel, mais nous retrouverons toujours les idées maitresses de son invention : blindage continu du sol; division de l'attaque par compartiments; limitation des surfaces attaquées; progression de l'appareil protecteur en prenant appui sur le revêtement définitif lequel suit de très près la marche du terrassement.

C'est donc bien une méthode créée de toutes pièces, dont il a

suffi de perfectionner les détails pour obtenir les remarquables résultats atteints dans les ouvrages exécutés depuis cette époque au moyen du « bouclier ».

IV

Comme la plupart des grandes inventions, celle de Brunel était venue avant son heure, et de même que la machine de Wolf est demeurée longtemps dans l'oubli avant de renaître et de prendre un essor prodigieux sous les noms de machines compound et machines à triple et quadruple expansion, de même le « bouclier » de Brunel en resta à son unique application du « Thames Tunnel » jusqu'en 1868 où, sous une forme nouvelle qui a changé peu depuis, il fut tiré de l'oubli et employé par M. A. E. Beach, pour la construction d'une courte section de chemin de fer souterrain projeté sous Broadway, à New-York.

A peu près à la même époque, en 1869, M. Peter Barlow et M. Greathead construisirent, au moyen d'un « bouclier » le petit tunnel de la Tour de Londres, passage sous-fluvial pour piétons, auquel la mise en service récente du fameux pont de la Tour enlève son utilité. Dans ces deux ouvrages, nous voyons substituer au revêtement en maçonnerie, le revêtement en fonte qui sera désormais généralement employé dans les travaux exécutés au moyen du « bouclier ».

Tunnel de l'Hudson. — Pour retrouver l'exemple d'un « bouclier » de grand diamètre, il faut arriver à celui du Tunnel de l'Hudson River.

En 1874, il se forma aux États-Unis sous le nom de « Hudson Tunnel Railroad Company », une Société au capital de 50 millions, pour la construction d'un tunnel passant sous l'Hudson et reliant les divers réseaux de chemins de fer entre New-York et Jersey-City.

L'auteur du projet et l'âme de toute l'entreprise était Mr. Dewitt Clinton Haskin, un des Ingénieurs les plus distingués de l'Union Pacific Railway.

Le projet comportait la construction d'un souterrain d'une longueur totale, avec les travaux d'approche, d'environ 3 650 *m*, dont 1 650 *m* sous l'Hudson, entre les puits de New-York et de Jersey-City.

Le tunnel devait être à double voie à partir de chacune des

extrémités jusqu'aux puits, avec, comme dimensions, 7,91 *m* de largeur et 7,30 *m* de hauteur.

Dans la partie centrale, c'est-à-dire pour le passage du fleuve, il y avait deux tunnels parallèles à voie unique présentant une section elliptique de 5,47 *m* de hauteur et 4,86 *m* de largeur.

Le procédé adopté par Mr. Haskin était basé sur l'emploi de l'air comprimé, l'établissement d'un blindage léger en tôle posé directement sur le sol pour atténuer la perte d'air, et la construction à l'intérieur de ce blindage, d'un revêtement en maçonnerie de briques dures hourdées au ciment.

Comme on le voit, Mr. Haskin n'avait pas cru devoir recourir à l'emploi du « bouclier », il comptait que la pression de l'air comprimé suffirait seule avec le léger blindage en tôle à maintenir les terres.

C'était une grosse faute et une grave imprudence, car le blindage étant incapable de résister par lui-même à la poussée des terres, si la pression d'air venait à baisser brusquement, un éboulement était inévitable.

Néanmoins, la construction fut entreprise par cette méthode défectueuse. Il y eut d'abord quelques accidents sans grande importance, puis les travaux furent abandonnés pendant cinq ans par suite de difficultés administratives.

Repris en septembre 1879, ils continuèrent lentement jusqu'au 21 juin 1880. Ce jour-là, l'accident qui pouvait être prévu, se produisit. L'air comprimé s'échappa brusquement par une faille, l'eau envahit les travaux, le blindage n'étant plus soutenu par la pression d'air, s'aplatit sous un formidable éboulement où vingt hommes restèrent ensevelis.

On modifia le système primitif qui présentait des dangers trop évidents et M. Haskin employa le tube-pilote Anderson.

Ce tube-pilote consiste en une petite galerie circulaire métallique que l'on pousse toujours de quelques mètres en avant du front d'attaque dans l'axe du tunnel. La paroi extérieure de ce tube sert de point d'appui à des contre-fiches qui viennent se buter d'autre part contre le blindage en tôle et le soutiennent. L'ensemble est comparable à une roue dont le tube-pilote serait le moyeu, les contre-fiches les rais et le blindage la jante. En dehors de son rôle de point d'appui, le tube-pilote toujours en avance sur la galerie principale, donne des renseignements utiles sur la nature du sol et évite les surprises.

Le travail continua ainsi jusqu'en 1882. Il fut de nouveau ar-

rêté par des difficultés financières. L'entreprise fut reprise par une Compagnie anglaise et confiée à MMrs. Pearson and Son, sous la haute direction de Sir John Fowler et sir Benjamin Baker, les constructeurs célèbres du pont de Forth.

Mieux avisés et instruits par la malheureuse expérience de l'entreprise précédente, ces Ingénieurs décidèrent d'employer le bouclier et le revêtement en fonte pour l'achèvement de l'ouvrage. La construction du « bouclier » fut confiée à sir William Arrol, de Glasgow.

Si l'on avait commencé par employer cette méthode, l'ouvrage eût été bien moins coûteux, on n'aurait pas eu à déplorer la perte de nombreux ouvriers, les interruptions dans le travail et la déconfiture des premières Compagnies qui avaient engagé leurs fonds.

Le « bouclier » employé au Tunnel de l'Hudson *(fig. 3 à 7, Pl. 203)* est constitué par un vaste tube cylindrique de 6,07 *m* de diamètre dont l'avant est muni d'une partie coupante en biseau et divisé en 9 compartiments par des cloisons horizontales et verticales.

Transversalement au cylindre, une solide cloison verticale ferme à l'arrière les cloisons des compartiments. Dans cette cloison transversale sont percées des portes correspondant à chacun des compartiments. Autour du bouclier sont disposées 16 presses hydrauliques alimentées par une pompe commune. La combinaison de la tuyauterie et de la robinetterie permet d'isoler une ou plusieurs des presses hydrauliques, de façon à pouvoir, en agissant sur un côté ou sur un autre, modifier et rectifier la direction lors de la marche en avant du bouclier.

La partie cylindrique arrière du bouclier se prolonge de façon à envelopper, sur une certaine longueur, la galerie déjà construite sur laquelle les têtes des pistons des presses hydrauliques viennent prendre leur point d'appui. La galerie est donc complètement protégée contre les éboulements, soit en avant, soit sur les côtés.

La longueur totale du bouclier était de 3,20 *m*, la partie cylindrique était composée de deux tôles d'acier de 15,5 *mm* d'épaisseur. La cloison transversale, également en tôle d'acier, avait aussi 15,5 *mm* et était en retraite de 1,72 *m* par rapport à la tranche de la partie coupante avant du bouclier. Les compartiments avaient donc cette profondeur. Dans cette partie avant, il y a deux parois circulaires concentriques séparées par un espace

annulaire de 425 *mm*. La paroi intérieure est en tôle de 12 *mm*. Ces deux parois concentriques sont fortement entretoisées et servent de logement aux presses hydrauliques. Les tiges des pistons de celles-ci portent des têtes disposées pour répartir la pression sur toute la surface des extrémités des anneaux de fonte sur lesquels elles prennent appui.

Comme on agissait fréquemment sous l'Hudson dans une argile assez fluide, la méthode d'avancement consistait, dans ces passages, à pousser énergiquement le bouclier dans la masse, en laissant ouvertes les portes des compartiments. On n'avait ainsi aucune terrasse à faire. Sous la poussée du bouclier, le terrain refluait par les portes ouvertes et tombait dans l'intérieur de la galerie. Les terrassiers n'avaient qu'à charger le déblai sur des wagonnets et le reportaient en arrière.

Naturellement, le travail s'effectuait dans l'air comprimé, aussi trouva-t-on avantageux de ne pas écluser tout le déblai qu'on laissa en dépôt en arrière dans la partie déjà construite pour l'enlever lorsque l'ouvrage terminé et les écluses démolies, ce travail pourrait se faire plus économiquement et plus rapidement.

Lorsque, sous la poussée des presses hydrauliques, le bouclier avait avancé d'une course correspondant à la longueur d'un anneau du revêtement définitif, on rappelait dans les cylindres les tiges des pistons et la chemise arrière du bouclier restant encore en prise sur le dernier anneau, on avait entre les sabots des presses et ce dernier anneau, un gabarit cylindrique blindant la fouille, dans lequel on procédait au montage d'un nouvel anneau.

Chaque anneau du tunnel est formé par l'assemblage de neuf segments et une clé. La fonte a 31 *mm* d'épaisseur et les brides 220 *mm* de hauteur.

La mise en place de ces plaques ne pourrait se faire aisément à bras d'homme. Aussi se fait-elle mécaniquement. A cet effet, un pont roulant transversal à la galerie s'avance dans celle-ci sur des rails longitudinaux portés par des consoles fixées au revêtement métallique.

Ce pont roulant *(fig. 6 et 7, Pl. 203)* porte une machinerie hydraulique pouvant donner un mouvement de rotation à un arbre horizontal de 0,178 *m* de diamètre dont l'axe coïncide sensiblement avec celui du tunnel. Cet arbre horizontal porte à l'une de ses extrémités une poutre en treillis qui lui est perpendiculaire et peut, en conséquence, se mouvoir dans le plan transversal de la galerie. La poutre est d'une longueur inférieure au

diamètre de la galerie. Elle sert à supporter un autre cylindre hydraulique dont la tige du piston porte à son extrémité un sabot disposé de façon à pouvoir être relié momentanément à des oreilles venues de fonte dans les plaques de revêtement. Cette tige de piston a une longueur suffisante pour qu'étant à bout de course, son extrémité décrive une circonférence du diamètre du tunnel.

Au moyen de cet agencement, l'assemblage des divers segments est facile; car la plaque fixée à l'extrémité de la tige de piston de l'appareil de pose est rapidement conduite en place. Il suffit alors de la boulonner aux autres déjà posées.

A partir du moment où l'on eut adopté pour l'exécution du tunnel de l'Hudson la « méthode du bouclier », le travail se poursuivit sans accidents ni interruption, à raison d'un avancement de 1,20 *m* par journée de vingt-quatre heures.

La pression de l'air atteignait, en moyenne, de 25 à 30 *m*. Les constructeurs avaient trouvé prudent d'établir trois écluses successives séparées par des intervalles d'une centaine de mètres. C'était un grand luxe de précautions, mais mieux vaut pêcher en ce sens que commettre les imprudences qui marquèrent les fâcheux débuts de cette grosse entreprise.

V

Tunnel de la rivière Saint-Clair. — Pendant que nous sommes aux États-Unis, nous allons décrire encore un autre ouvrage très important exécuté par la « méthode du bouclier » et dont le succès et la rapidité d'exécution furent particulièrement remarquables.

En présence du trafic croissant des lignes reliant Chicago (États-Unis) à Montreal (Canada) les Compagnies de chemins de fer intéressées : Grand Trunk Railway of Canada, the Chicago and grand Trunk, Detroit, Grand Haven and Milwaukee et enfin Toledo, Saginaw et Muskegon Railroad décidèrent, d'un commun accord, qu'il y avait lieu de construire, sous la rivière Saint-Clair — frontière du Canada et des États-Unis — un tunnel pour remplacer les transbordements par ferry-boats jusqu'alors en usage et que le courant très rapide de la rivière, souvent encombrée par les glaces, rendait long, difficile et dangereux.

En 1886, se forma « The Saint-Clair Tunnel Company », sous la présidence de sir Joseph Hickson. L'Ingénieur était M. J. Hobson.

L'emplacement choisi pour l'établissement du tunnel était à 5 *km* environ des ferry-boats existants, au sud des villes de Port-Huron (États-Unis) et Sarnia (Canada).

Comme au tunnel de l'Hudson, on faillit commettre la faute de ne pas employer de bouclier, mais l'erreur fut de courte durée et, en présence des difficultés rencontrées dans le fonçage des puits et l'amorce d'une galerie de direction, on décida d'employer deux « boucliers » partant de chaque rive et allant à la rencontre l'un de l'autre.

Ces appareils furent établis d'après les plans de M. Hobson par la « Hamilton Tool Manufacturing Company » de Hamilton (Ontario).

Ils se composent *(fig. 8 à 12, Pl. 203)* d'un cylindre en tôle d'acier de 25 *mm* d'épaisseur, d'une longueur totale de 4,87 *m* et d'un diamètre de 6,57.

La disposition générale de ces boucliers est différente de celle que nous avons décrite à propos du tunnel de l'Hudson.

La partie avant du « bouclier » est divisée en douze compartiments formés par l'intersection de deux parois horizontales et trois parois verticales coupant le cylindre dans le sens longitudinal. Ces compartiments ne sont pas fermés à l'arrière par une cloison transversale munie de portes comme au bouclier de l'Hudson. Ils sont ouverts aux deux bouts et leur rôle est celui d'un échafaudage. Leur profondeur est de 2,40 *m*. Ce n'est qu'à 1,25 *m* en arrière de ces compartiments qu'est établie, transversalement au bouclier, la cloison étanche en tôle d'acier de 12,7 *mm* d'épaisseur raidie par sept poutres horizontales et trois verticales, et percée à la partie inférieure de deux ouvertures de 1,35 *m* de large sur 1,80 *m* de haut que l'on peut fermer au moyen de portes à coulisses en fer. Il y a donc, entre l'ouverture arrière des compartiments et cette cloison, un espace vide dans lequel les mineurs travaillant à l'avancement jettent leurs déblais qui sont ensuite sortis par les portes de la cloison.

Enfin, à l'arrière de la chemise cylindrique du bouclier dont le diamètre est plus grand que celui des anneaux du revêtement, on a réservé, entre deux cornières de la hauteur du vide annulaire séparant ces deux cylindres, un logement pour une bande de caoutchouc qui s'oppose à la fuite de l'air comprimé par le pourtour de la galerie.

La progression du bouclier est obtenue par le moyen de vingt-quatre presses hydrauliques fixées sur le pourtour et dont les

sabots des tiges de pistons viennent s'appuyer sur le dernier anneau de la galerie.

Chaque presse *(fig. 12, Pl. 203)* se compose de deux cylindres dans le prolongement l'un de l'autre. L'un, celui qui sert à exercer l'effort de poussée a 208 *mm* de diamètre intérieur; l'autre, destiné uniquement à ramener le piston du premier en arrière, lorsque le bouclier a été avancé de la course voulue n'a que 60 *mm* d'alésage.

Les presses hydrauliques étaient alimentées par une seule pompe Worthington pouvant donner une pression suffisante pour faire développer à chaque presse un effort de 125 *t*, soit un effort total de 3 000 *t*, mais il ne fut jamais nécessaire de donner cet effort maximum et l'on n'atteignit jamais plus de 2 000 *t*, ce qui représente déjà un frottement sur le sol de 20 000 *kg* par mètre carré.

Chaque bouclier pesait environ 80 *t*. Ils furent amenés à pied d'œuvre par morceaux et remontés pour être mis en place au moyen de plans inclinés.

L'appareil servant à la pose des plaques de revêtement du tunnel n'était plus, comme à l'Hudson, indépendant du bouclier. Il était constitué par une poutrelle tourillonnant autour d'un axe fixé sur la cloison transversale du bouclier *(fig. 11, Pl. 203)*. Cette poutrelle était manœuvrée par un jeu d'engrenages de même que l'allongement du bras qu'elle contenait et à l'extrémité duquel se fixaient provisoirement les segments à mettre en place.

Le diamètre extérieur des anneaux de fonte du revêtement est de 6,30 *m*. Chaque anneau d'une longueur de 0,46 *m* est composé de treize segments et une clé. L'épaisseur des fontes aux parois est de 55 *mm*, les collets intérieurs ont 175 *mm* de hauteur, leur épaisseur varie de 60 à 80 *mm* pour les brides circulaires et de 45 à 75 *mm* pour les brides longitudinales. Le poids total du revêtement atteint 25 351 *t*, soit 13,8 *t* par mètre courant; l'assemblage des plaques et anneaux a nécessité l'emploi de 859 242 boulons de 21 *mm* de diamètre.

La longueur totale de l'ouvrage est de 1 843 *m* dont 700 *m* sous la rivière Saint-Clair.

Les travaux d'exécution se sont poursuivis avec une grande régularité. Le bouclier de la rive des États-Unis fut monté le 11 juillet 1889, celui de la rive canadienne le 21 septembre suivant; le 30 août 1890 ils se rencontraient exactement dans l'axe en direction et avec une différence de niveau de 6 *mm* seulement.

On démonta les cloisons, les presses et toutes les parties intérieures des boucliers dont les chemises furent abandonnées dans le sol et l'on fondit des pièces spéciales pour le raccordement des revêtements de chacun des tronçons.

C'était un très grand succès à l'actif de la méthode. L'avancement moyen avait été de 2,30 *m* pour chaque bouclier et l'on avait atteint jusqu'à 4,60 *m* par vingt-quatre heures.

A l'intérieur du tunnel, la voie établie est en rails de 41 *kg* au mètre courant. Elle est posée sur des traverses de 20 × 20, espacées de 0,35 *m* d'axe en axe. Ces traverses sont posées sur des longrines de 30 × 15, et d'autres longrines de 30 × 25 courent parallèlement aux rails pour s'opposer au heurt du train contre les parois, en cas de déraillement, précaution efficace à la condition que la vitesse soit modérée.

Le trafic des trains dans ce tunnel est considérable, il atteint 70 trains par jour. En raison de l'importance des rampes de 20 *mm* par mètre, la traction y est faite par des locomotives très puissantes pesant 90 *t* et ayant des cylindres de 0,56 *m* sur 0,70 *m*.

On avait prévu pour les travaux d'approche qui comportent deux tranchées, l'une de 750 *m* de côté de Port Huron (États-Unis), l'autre de 930 *m* du côté de Sarnia (Canada), soit ensemble 1 680 *m* et pour le tunnel proprement dit qui a 1 800 *m* de longueur, une dépense de 45 millions. Malgré la grande quantité d'argent dépensée dans les premiers essais sans le « bouclier » et dans la construction des puits en briques, ce chiffre n'a pas été atteint en exécution.

Non seulement la construction si rapide et si régulière de cet important ouvrage est une éclatante démonstration des avantages que présente la « méthode du bouclier » jointe au revêtement métallique, mais encore les essais vainement tentés par les méthodes ordinaires prouvent surabondamment qu'il y a intérêt à l'adopter résolument dès l'abord dans les circonstances difficiles.

Pendant que nous sommes en Amérique nous citerons encore pour mémoire l'emploi du « bouclier » dans la construction d'un grand collecteur passant sous une des principales artères de Buffalo et sous un canal. A Chicago, la méthode a été employée pour la construction de l'une des galeries qui vont chercher au large dans le lac une eau plus pure que celle puisée auprès des bords.

VI

Tunnels anglais. — Née en Angleterre d'un père français il est bon de le répéter, la « méthode du bouclier » y a été fréquemment employée et tend à l'être de plus en plus.

Nous avons signalé l'exécution en 1869 du petit tunnel de la Tour de Londres. En 1886, on entreprit à Londres un ouvrage beaucoup plus important : le double tunnel du « City and South London Electric Railway ».

Ce chemin de fer souterrain a pour but de mettre en relations commodes et rapides avec la Cité les quartiers du Sud qui ne disposaient pour cela que des omnibus passant sur le « London Bridge » toujours si encombré. Autorisée d'abord entre King William Street et Elephant and Castle la ligne fut prolongée jusqu'à Clapham Road (Stockwell). Sa longueur est d'environ 5 *km.*

Elle comporte deux souterrains, constitués chacun par un tube en fonte de 3,10 *m* de diamètre entre la Cité et Elephant and Castle et 3,20 *m* dans la section allant de ce point au terminus.

L'adoption de deux tubes séparés, un pour la voie montante, un pour la voie descendante, a été considérée par les auteurs du projet comme plus avantageuse en ce sens que les deux tubes ne sont pas nécessairement parallèles et que, dans les rues étroites, ils peuvent être établis l'un au-dessous de l'autre ; ils prétendent aussi que cette solution est plus économique que la construction d'un seul grand tunnel.

Il est possible, en effet, qu'au point de vue des frais de premier établissement et des facilités de construction il y ait un certain avantage en faveur du double souterrain. Mais lorsqu'il s'agit d'un ouvrage destiné à la circulation publique, nous pensons qu'il ne faut pas s'arrêter uniquement à ces considérations. Il faut tenir compte de la nécessité de pouvoir employer des voitures spacieuses circulant dans une galerie vaste et aérée. Dans les voitures du « City and South London Railway » qui remplissent toute la section du tunnel et sont hermétiquement closes, on a un peu trop la sensation de voyager dans un étui et l'on se compare involontairement aux dépêches expédiées par tubes pneumatiques.

Les travaux furent commencés en 1886, la Compagnie ayant comme président M. G. G. Mott et pour Ingénieur en chef M. Greathead qui avait collaboré avec M. Barlow à l'exécution du tunnel de la Tour.

On commença par foncer dans la Tamise même un puits avec cuvelage métallique jusque dans le « London clay », argile dure et imperméable d'une grande épaisseur dans laquelle furent construits les tunnels. Ce puits fut entouré d'une estacade, tant pour le protéger contre les chocs accidentels des bateaux que pour établir à son orifice une plate-forme sur laquelle étaient installées les machines et les grues servant à l'extraction des déblais qu'elles déversaient directement dans des bateaux. C'était une disposition évidemment très avantageuse.

Du fond du puits et l'un au-dessus de l'autre, séparés par un espace de 1,37 *m*, partent dans chaque sens les deux tunnels qui peu après deviennent parallèles dans un plan horizontal.

Ce qu'il y a de remarquable c'est que, le travail pouvant être exécuté dans un terrain imperméable, où la maçonnerie aurait pu être établie avec d'autant plus de facilité qu'il n'était pas nécessaire d'employer l'air comprimé, les auteurs du projet décidèrent cependant d'employer le revêtement en fonte et le bouclier. Craignant les surprises du terrain, ils préféraient ainsi se mettre à l'abri de tout aléa en établissant un revêtement inébranlable, solide immédiatement et en ayant à leur front d'attaque un appareil protecteur toujours prêt à les garantir.

D'ailleurs si la traversée de la Tamise se fit dans un terrain exceptionnellement favorable, il n'en fut pas de même partout, et une section assez longue nécessita l'emploi de l'air comprimé.

Les « boucliers » employés se composaient, comme ceux que nous avons déjà décrits, d'une chemise cylindrique en prise constamment sur une longueur plus ou moins grande avec le revêtement de la galerie, d'un anneau formant trousse coupante à l'avant d'une cloison transversale et de presses hydrauliques servant à la poussée en avant de l'appareil.

Dans certains terrains susceptibles d'être attaqués par un violent courant d'eau, M. Greathead avait imaginé d'employer une disposition nouvelle du « bouclier » *(fig. 13, Pl. 203)*. La cloison de celui-ci était complètement fermée, divisant ainsi le bouclier en deux compartiments. Elle était percée de place en place d'orifices munis de presse-étoupes ou de sacs permettant d'introduire et d'agiter dans le compartiment avant, de longs burins manœuvrés du compartiment arrière. On lançait alors en avant de la cloison un violent courant d'eau au moyen d'une puissante pompe centrifuge. Ce jet désagrégeait le terrain, et la désagrégation était facilitée par la manœuvre des barres dont nous venons

de parler. Il se formait ainsi une boue liquide qui était aspirée par une pompe et refoulée dans des réservoirs où les parties lourdes se déposaient et de là étaient vidées dans des wagonnets, tandis que l'eau reprise à la partie supérieure des réservoirs de décantation était à nouveau lancée violemment sur la surface du front d'attaque. Lorsqu'il se trouvait en avant du diaphragme quelques grosses pierres, on interrompait l'injection de l'eau pour les extraire à la main. Cette ingénieuse disposition du bouclier est évidemment favorable dans les terrains vaseux, les sables fins et autres terrains peu consistants.

Le revêtement du tunnel est constitué par des anneaux de fonte de 0,48 *m* de longueur. Ces anneaux sont eux-mêmes formés par l'assemblage de six segments et une clé. L'épaisseur des fontes est de 32 *mm* et la hauteur des collets 87 *mm*.

Les travaux s'effectuèrent avec beaucoup de régularité et de précision. On posait en moyenne six anneaux par jour, soit un avancement de 2,90 *m* environ.

La ligne fut inaugurée le 4 novembre 1890 par S. A. R. le prince de Galles. Elle fonctionne depuis cette époque avec un succès de plus en plus marqué.

VII

Les excellents résultats obtenus par ce mode de construction ont été tels que la Compagnie qui avait construit le « City and South London electric Railway » a sollicité la concession d'un certain nombre de lignes du même genre. Prochainement, si elle ne l'est déjà, la ligne de « Waterloo and City » passant sous la Tamise, et celle du « Central London Railway » seront mises en service; les travaux en ont été poursuivis par le même système que celui décrit précédemment.

Pour hâter le travail, les entrepreneurs n'ont pas hésité à employer 25 boucliers de 3,86 *m*, 4,08 *m* et 4,13 *m* pour les galeries, 9 de 6,95 *m* et un de 8,15 *m* pour les stations du « Central London Railway ».

Une des plus importantes applications de la « méthode du bouclier » est son emploi pour la construction à Glasgow d'un réseau de chemin de fer souterrain, d'une longueur de 11 *km* environ, construit pour la Compagnie du « Glasgow District Railway » par MM. Brand and Son.

Il s'agit d'une ligne circulaire passant deux fois sous la Clyde.

Comme à Londres on a adopté deux tunnels parallèles. Le diamètre est un peu plus grand.

Les anneaux en fonte ont un diamètre extérieur de 3,65 *m* et un diamètre intérieur de 3,35 *m*. Ils se composent de neuf plaques et une clé. Sous les rues, l'épaisseur des fontes est de 20 *mm*, et sous la rivière de 25 *mm*. Les collets d'assemblage sont relativement très hauts : ils ont 150 *mm* et forment une série de nervures qui donne à l'ensemble une très grande solidité. Les boulons ont 25 *mm* de diamètre.

L'attaque principale pour la construction de ces tunnels est dans un vaste puits foncé à Saint-Enoch-Square sur l'emplacement que devra occuper une station. Du fond de ce puits partent dans chaque direction deux attaques, soit quatre tunnels de 3,65 *m* de diamètre.

Le travail s'effectue à l'air comprimé. Il serait fastidieux de décrire à nouveau les boucliers employés qui ne présentent pas de particularités spéciales. Disons seulement qu'ils ont 3,70 *m* de diamètre et sont actionnés par six presses hydrauliques.

A Glasgow, le dernier pont sur la Clyde se trouve sensiblement au milieu de la ville. C'est une sujétion générale à la plupart des ports maritimes lorsque ceux-ci se trouvent à l'origine de l'estuaire d'un fleuve. Il en résulte une grande gêne pour les communications et l'on a bien souvent envisagé l'intérêt que présenterait l'établissement entre les deux rives d'une communication sous-fluviale établie à une certaine distance en aval du dernier pont.

C'est pour cela que l'on avait construit à Londres le petit tunnel de la Tour, pour cela qu'on vient de terminer dans la même ville le « Blackwall Tunnel », un des plus importants et des plus récents ouvrages qui nous restent à décrire.

C'est pour cela que notre Collègue Berlier avait, en 1888, étudié et soumis à la ville de Rouen un projet de passage souterrain à établir en aval du pont Boïeldieu, et en 1890 présenté à la Compagnie de l'Ouest et au Ministère des Travaux Publics un projet de tunnel sous la Seine, à Tancarville, pour la ligne votée et inexécutée du Havre à Pont-Audemer. Seulement, en Angleterre, on exécute, tandis qu'en France on attend toujours je ne sais quel plus ample informé avant de prendre une décision ferme. N'insistons pas.

Donc, les habitants de Glasgow étaient fort gênés pour communiquer d'une rive à l'autre de leur fleuve et le service des ferry-

boats, ces vastes bacs à vapeur sur lesquels on embarque les plus lourds chariots avec leur attelage, ne suffisaient pas aux besoins d'une population essentiellement active.

On décida la construction du « Glasgow Harbour Tunnel ». L'ouvrage comporte de chaque côté de la rivière un immense puits de 56 *m* de diamètre. Entre ces puits, passant sous le lit de la Clyde, on a construit trois tunnels : deux de 5,17 *m* de diamètre, pour le passage des véhicules, le troisième pour les piétons. Ce dernier présente de fortes rampes qui conduisent les passagers presque au niveau du sol. Pour les véhicules, ils sont montés et descendus jusqu'aux tunnels qui sont en palier, par six puissants ascenseurs hydrauliques de chacun 5 *t* et demie de puissance.

L'exécution des tunnels a eu lieu naturellement par la « méthode du bouclier » et le revêtement est en fonte. Le terrain à traverser était très mauvais, en sable fin du genre de nos sables « bouillants ». L'emploi de l'air comprimé nécessitait des précautions spéciales en raison de la marée qui se fait sentir dans le port. Les travaux ont été achevés en 1895.

Le cube du déblai des trois tunnels n'est guère que d'un cinquième supérieur à celui qu'aurait donné un tunnel simple de 8,22 *m*, la section *utilisable* est double, le poids des fontes est le même et les puits peuvent être moins profonds.

On a donc, à Glasgow, préféré cette solution. A Londres, le « Blackwall Tunnel » a été établi sur le principe opposé. Sans prendre parti entre les deux, nous pensons que des considérations locales spéciales à chaque ouvrage ont justifié la préférence donnée à l'un ou l'autre système.

Ne quittons pas l'Écosse sans signaler à Édimbourg un ouvrage fort intéressant en raison des circonstances qui ont fait adopter la « méthode du bouclier » et le revêtement en fonte.

Il s'agissait d'établir pour le chemin de fer ordinaire « North British Railway » qui traverse la ville, un nouveau tunnel. Mais il y avait un point délicat. L'ouvrage passait sous le Muséum, un des plus beaux monuments de la Ville et on redoutait pour lui les tassements que n'eût point manqué de provoquer l'exécution du souterrain par les procédés ordinaires. L'emploi du « bouclier » qui blinde constamment la fouille, et le revêtement en fonte offrant immédiatement sa résistance maximum et conduisant au minimum la section de l'excavation, parurent, avec raison, offrir de bien plus grandes garanties. On construisit donc, par cette mé-

thode, un tunnel de 5,47 *m* de diamètre qui, terminé en 1894, donna toute satisfaction. Le bouclier employé avait 5,71 *m* de diamètre, 2,20 *m* de longueur et était muni de 13 presses. Il pesait 34 *t*.

Voilà, je crois, un argument puissant en faveur de l'adoption du tube métallique posé au moyen du « bouclier » dans les rues où le tunnel s'approche des fondations des immeubles, comme c'est le cas pour d'importantes sections du Métropolitain de Paris.

La « méthode du bouclier » tend donc à se généraliser de plus en plus en Angleterre où elle a servi à l'établissement d'un grand nombre de souterrains et conduites qu'il serait fastidieux d'énumérer tous. Afin d'éviter les redites et pour donner une idée de l'importance qu'a pris ce mode de construction, voici une liste de boucliers, construits par la maison Markham et C°, de Chesterfield et qui m'a été obligeamment communiquée.

Liste des « boucliers » construits par la maison Markham et C°, de Chesterfield.

DÉSIGNATION DE L'ENTREPRISE	DIAMÈTRE extérieur	LONGUEUR	NOMBRE de presses	NOMBRE d'appareils du même modèle	POIDS
	m	*m*			*kg*
?	1,87	1,88	4	1	4 200
West Middlesex Water Works	2,54	1,98	5	1	»
Kingston ou Thames Subway	2,79	2,05	6	1	9 430
Australia	3,42	2,74	6	1	18 022
South London Railway	3,46	1,95	6	8	11 676
Glasgow District Subway	3,70	1,95	6	13	13 208
South London Railway Extension	3,81	2,28	6	6	16 000
Central London Railway	3,86	2,13	6	20	15 740
Waterloo and City Railway	4,01	2,13	7	2	16 856
Central London Railway	4,08	2,13	6	4	16 800
Id.	4,13	2,13	6	1	16 950
Waterloo and City Railway	4,19	2,13	8	2	17 622
Blackton Reservoir County Durham	4,26	2,13	8	1	14 474
Glasgow Harbour Tunnel	5,18	2,13	8	1	23 968
Id.	5,18	2,13	13	1	27 932
North British Railway	5,71	2,20	13	1	34 544
Central London Railway (stations)	6,95	2,69	22	9	85 000
South London Railway (station)	6,95	2,69	22	2	85 000
Central London Railway	8,15	2,69	24	1	105 000
			TOTAL	76	

On trouvera dans cette liste les principales dimensions des appareils construits, leur nombre et leur destination. Il y a lieu de remarquer qu'il ne s'agit que d'un seul constructeur. Il est évident que d'autres maisons en fabriquent aussi; par exemple, le « bouclier » du Blackwall Tunnel, que nous allons décrire ci-après, ne figure pas sur ce document.

Ainsi, une seule maison a déjà construit, à l'heure actuelle, près de 80 boucliers variant de 1,87 *m* à 8,15 *m* de diamètre. C'est dire en quelle estime est tenue, en Angleterre, cette « méthode du bouclier » dont nous nous efforçons de faire connaître et apprécier en France les précieuses ressources et les avantages évidents.

VIII

Tunnel de Blackwall. — Un demi-siècle juste après que Brunel eût achevé son tunnel sous la Tamise, dont la construction demanda dix-sept ans, on commençait, par la « méthode du bouclier », les travaux d'un ouvrage analogue construit dans le même but (passage d'une route sous le fleuve) : le Blackwall Tunnel, dont l'achèvement a demandé cinq années seulement.

Projeté en 1890 par Mr. A. R. Binnie, l'Ingénieur en chef du Conseil, après consultation de sir Benjamin Baker et de Mr. J. H. Greathead, l'ouvrage a 8,22 *m* de diamètre extérieur. Il établit par-dessous la Tamise, la communication entre les comtés de Middlesex et de Kent, à proximité de Greenwich. Sa longueur totale est de 1 888 *m*, se répartissant comme suit :

Tranchée ouverte	528 *m*
Tranchée couverte maçonnée	421
Tunnel en fonte	939

La largeur de la chaussée est de 4,86 *m*, celle de chaque trottoir, 0,91 *m*. Sous la rivière, le tunnel est en palier, il présente du côté nord une rampe de 0,030 *m* et du côté sud, de 0,027 *m*.

Quatre concurrents furent admis à soumissionner les travaux et firent les offres suivantes :

MM. Kennedy	£	1 113 106	soit	27 287 650 *f*
Jackson.	£	1 018 000	soit	26 450 000 *f*
Wobster et Coiseau	£	974 550	soit	24 363 750 *f*
Pearson et Son. .	£	871 000	soit	21 775 000 *f*

MM. Pearson et Son obtinrent l'exécution des travaux, mais il s'en fallut de peu, on le voit, que notre très estimé Collègue, M. Coiseau, n'en fût chargé et que les deux grands tunnels sous la Tamise, n'aient été, à cinquante ans de distance, construits par deux Français.

Tous ceux qui connaissent M. Coiseau, en France comme en Angleterre, où il releva avant tant de succès un des caissons du pont de Forth, ne doutent pas qu'il eût conduit à bien cette vaste entreprise et eussent été heureux de la voir confiée à son habileté.

M. A. R. Binnie fut chargé de la haute direction des travaux, avec MM. D. Hay et Fitz-Maurice, comme adjoints et M. E. W. Moir dirigea l'exécution au nom des entrepreneurs.

L'ouvrage, commencé en 1892, comporte, on l'a vu plus haut, d'importants travaux d'approche, et le tunnel proprement dit. Celui-ci se compose d'anneaux en fonte de 0,76 *m* de longueur formés eux-mêmes de l'assemblage de quatorze segments et une clef.

A partir de la tranchée couverte jusqu'au puits n° 1 du côté de Middlesex et du puits n° 4 jusqu'à la tranchée couverte sur la rive opposée, l'épaisseur des fontes n'est que de 37 *mm* pour la partie cylindrique et de 56 *mm* à la base, 37 *mm* à l'extrémité pour les collets d'assemblage circulaires et longitudinaux dont la hauteur est de 213 *mm*. Les boulons de 37 *mm* de diamètre sont disposés en quinconces sur des brides à un écartement moyen de 120 *mm* pour les joints horizontaux et 350 *mm* pour les joints circulaires, il y en a 146 par anneau.

Entre les puits n° 1 et n° 4, c'est-à-dire dans la partie qui passe sous le fleuve, ou en est très voisine, l'épaisseur des fontes de la partie cylindrique des anneaux est de 50 *mm*, celle des collets atteint 76 *mm* au sommet et 50 *mm* à l'extrémité, leur hauteur atteignant 25 *cm*. La division des boulons est la même, leur diamètre égal.

Chaque segment, pesant environ 1 *t*, porte en son milieu une oreille venue de fonte percée de deux trous, permettant de les fixer pour la mise en place à l'extrémité de deux bras extensibles, actionnés par une presse hydraulique et fixés eux-mêmes sur la cloison arrière du bouclier.

Toutes les surfaces d'assemblage des plaques sont rabotées. Une rainure de 5 *cm* de profondeur est ménagée à l'extrémité des brides pour recevoir un rejointoiement cimenté.

Le bouclier unique employé pour la construction du tunnel de Blackwall *(fig. 14 et 15, Pl. 203)* avait 5,93 *m* de longueur totale. L'enveloppe cylindrique était composée de quatre épaisseurs de tôle d'acier de 15 *mm*. Il était divisé par deux diaphragmes en tôle, étanches de façon que l'on pût maintenir une pression plus élevée au front d'attaque que dans le restant du tunnel. L'espace libre entre les deux diaphragmes servait d'écluse à air pour passer d'une pression à l'autre. Des couloirs pour le déblai étaient ménagés entre les deux cloisons, ils étaient naturellement munis des portes nécessaires pour les manœuvres d'éclusage.

Entre les deux cloisons, une double enveloppe concentrique reliée à la première par de solides entretoises, contribuait à la rigidité et à la solidité de l'ensemble; les deux enveloppes se réunissaient directement à l'avant du bouclier pour recevoir la trousse coupante.

L'avant était divisé par trois cloisons horizontales et trois verticales en quatre étages et douze compartiments : deux au sommet, deux rangées de quatre au milieu et deux à la base.

A 2 *m* en arrière du couteau, chaque compartiment était recoupé jusqu'à mi-hauteur par une cloison venant du plafond et fixée aux parois de manière à être étanche *(fig. 15, Pl. 203)*. Cette demi-cloison supérieure formait en arrière de l'attaque une chambre de sûreté, au cas où l'eau ou les déblais auraient envahi brusquement l'avancement, les ouvriers pouvaient se réfugier derrière ces cloisons; l'eau ne pouvant y monter que jusqu'à une certaine hauteur puisqu'elle y comprimait de l'air, une partie du corps fût restée hors de l'eau et ils eussent pu s'écluser en étant quittes pour un bain glacé. Le même principe de cloison de sauvetage était appliqué dans le tunnel lui-même qui était divisé à peu de distance du bouclier par une cloison étanche munie à sa partie supérieure d'une écluse à air et occupant la demi-section supérieure de la galerie.

En avant de chaque compartiment les mineurs disposaient de blindages à coulisses qu'ils pouvaient, au moyen de vérins, serrer partiellement contre la surface attaquée, lorsque sa nature l'exigeait *(fig. 15, Pl. 203)*.

La progression du « bouclier » était obtenue par 28 presses hydrauliques de 20 *cm* d'alésage pouvant exercer un effort normal de 100 *t* environ, soit ensemble 2 800 *t*. Il fallut cependant quelquefois les faire travailler à une pression plus élevée, et l'on atteignit jusqu'à 4000 *t*.

Le bouclier qui pesait environ 230 *t* fut construit à la surface du sol et devait être descendu dans le puits n° 4 (rive gauche). La manœuvre ne pouvait guère se faire au moyen d'appareils de levage. On usa d'un artifice des plus ingénieux.

La construction se fit dans une sorte de bassin dont le radier était au niveau de l'orifice du puits. Lorsque l'appareil fut terminé on ferma les deux extrémités par des cloisons provisoires étanches, puis on remplit d'eau le puits et le bassin. Le bouclier se mit à flotter comme un gigantesque tonneau. On l'amena au dessus du puits et l'on épuisa l'eau ; il descendit ainsi tout naturellement en place et le 9 juin 1893 on posait le premier anneau de la galerie.

Deux mois après, cinquante anneaux étaient posés, soit une longueur de 38 *m* environ.

Vers le milieu de septembre, l'avant du bouclier se trouvait avoir subi des déformations telles qu'elles atteignaient jusqu'à 0,60 *m*. Ces avaries provenaient de ce qu'on l'avait poussé dans le terrain sans dégager suffisamment le pourtour de l'excavation. On ne pouvait le réparer en place. Il fallait, pour cela, atteindre le puits n° 3. Comme il était difficile de diriger le bouclier convenablement avec une telle déformation on décida de pousser en avant une petite galerie de manière à pouvoir établir au niveau du radier un revêtement de béton ayant la forme de la base du bouclier et sur laquelle il s'avancerait sans déviation. Le moyen réussit à merveille et l'on atteignit des avancements de 1,50 *m* par 24 heures.

Le 16 décembre 1893, 191 anneaux correspondant à une longueur de 145 *m* environ étaient posés. Le puits auquel la galerie devait se raccorder n'étant pas encore complètement foncé et l'eau commençant à venir en très grande quantité, on jugea prudent de suspendre les travaux et de construire une écluse à air en travers de la galerie où l'on avait jusqu'alors travaillé à air libre en épuisant les eaux d'infiltration. Le 23 mars 1894 on se mit sous pression et à partir de ce moment il n'y eut plus de difficultés occasionnées par les eaux. La petite galerie dans laquelle se faisait la fondation en béton atteignit le puits n° 3 en mai. Le travail avança alors régulièrement et le raccordement seul avec le puits présenta des difficultés en raison de la grande perte d'air à la jonction des deux ouvrages.

Dans le puits, on procéda à la réparation du bouclier et à sa consolidation. Cette avarie coûta 250 000 *f*.

On reprit ensuite le travail pour passer sous le lit de la Tamise. Comme en certains points, l'épaisseur du sol au-dessus de l'ouvrage n'atteignait que 2 *m* on remblaya avec de la glaise sur une cinquantaine de mètres de largeur et environ 3 *m* d'épaisseur.

L'avancement obtenu était en moyenne de 2,30 *m* par 24 heures, quelquefois il atteignit même 3,65 *m* mais, d'autre part, dans le gravier, il se réduisait de 0,60 *m* à 1,20 *m*.

En avril 1896, on atteignit le puits n° 1 sur la rive droite, et en septembre, après une dernière période pendant laquelle l'énorme perte d'air dans le terrain fissuré causa de grandes difficultés, le tunnel était terminé.

On procéda alors à un revêtement intérieur en maçonnerie recouvert d'un carrelage émaillé blanc de façon à conserver l'uniformité d'aspect avec les amorces en tranchée couverte.

Le nouveau tunnel de la Tamise était achevé, sa construction avait demandé 5 ans seulement.

Nous avons dit que le montant de la soumission de MM. Pearson et Son s'élevait à 21 775 000 *f*. La dépense resta légèrement au-dessous des prévisions. Les prix des devis prévoyaient 10 490 *f* pour le mètre courant de revêtement en fonte épaisse entre les puits n^{os} 1 et 4, et 8 741 *f* dans les parties avec revêtement en fonte de 37 *mm*, le remplissage en maçonnerie et la chaussée non compris.

Les prix pour les tranchées couvertes étaient pour les profondeurs de 10 à 12 *m*, 4 911 *f* par mètre courant, et de 12 à 22 *m*, 8 741 *f*, non compris la chaussée.

Enfin les tranchées d'approche jusqu'à 11 *m* de profondeur étaient payées 3 080 *f* non compris l'établissement de la chaussée.

L'inauguration de l'ouvrage a eu lieu au milieu de cette année 1897. Il marque la dernière étape des progrès accomplis.

IX

LA MÉTHODE DU BOUCLIER EN FRANCE

Je n'ai pas voulu interrompre la description des souterrains établis en Angleterre et en Amérique en intercalant à leur date chronologique les travaux où la même méthode était appliquée chez nous.

Nous allons donc remonter de quelques années en arrière et cela va nous ramener au moment où l'on hésitait encore dans l'application des procédés du « bouclier » et où les Ingénieurs des

divers pays apportaient chacun leur pierre à l'édifice fondé par Brunel, l'ancêtre commun.

Depuis, les applications se sont plus ou moins généralisées suivant l'activité industrielle et l'initiative propres aux différentes races. Nous constatons avec regret que la France est déjà bien distancée et peu nombreux sont les ouvrages que nous allons avoir à décrire.

Tunnel de Clichy-Asnières. — Pressentant les incontestables avantages que pouvait apporter la méthode du bouclier dans la construction des souterrains difficiles et de la possibilité qu'elle donne de construire dans les villes un tunnel presque à fleur du sol sans ouvrir la voie publique, tout en apportant la plus sûre des garanties contre l'ébranlement des murs de façade des immeubles riverains, notre Collègue Berlier résolut dès 1884, — c'est-à-dire à une époque où cette méthode n'était pas encore confirmée par de nombreuses applications, — de l'introduire en France. Il en fit la base, très discutée alors, de son projet de Tramway tubulaire entre le bois de Vincennes et le bois de Boulogne, par la rue de Rivoli.

Nous n'avons pas à rappeler ici les vicissitudes que subit depuis treize ans ce projet passé au crible de toutes les administrations de la Ville et de l'État, concédé enfin à son auteur en 1892 par le Conseil Municipal, mais alors entravé par le Gouvernement; payant ainsi les frais d'une rivalité intermittente, les payant même deux fois le jour où Ville et État se trouvant d'accord dans une courte trêve, celui-ci permit à celle-là de faire son métropolitain municipal.

Enchanté et surpris d'une telle aubaine, le Conseil s'empressa de mettre en première urgence la fameuse ligne Berlier..., mais dans son propre réseau, tout en s'assimilant d'ailleurs — hommage rendu à l'excellence des études faites par autrui — la plupart des dispositions originales du projet primitif et tout spécialement l'emploi du « bouclier ». (1)

(1) On lit, en effet, dans le Rapport de M. Berthelot sur le « *Projet de Métropolitain Urbain à voie étroite et traction électrique, étudié par la direction des Travaux* » (N° 114 1897), page 21, ceci :

« Jusqu'en 1895, il n'avait jamais été question que d'un Métropolitain à voie normale « raccordé aux grandes lignes. Le Tube Berlier, d'un modèle tout différent, pouvait s'éta- « blir à côté. Mais aujourd'hui, la Ville se propose la construction d'un Métropolitain à « voie étroite et à traction électrique *qui ressemble tout à fait à la ligne projetée du Bois « de Vincennes au Bois de Boulogne. Le diamètre de la voie est à peu près le même: « le mode de traction est le même; l'exploitation est conçue sur le même plan.* »

Cependant pour l'acclimater, pour vaincre tous les préjugés qui la condamnaient sans la connaître cette « méthode du bouclier » de laquelle chacun se réclame aujourd'hui, il avait fallu lutter plusieurs années et finalement exécuter deux ouvrages particulièrement difficiles : les siphons de Clichy-Asnières et de la Concorde. Sans cette construction que permit heureusement l'intelligente initiative de MM. les Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées Bechmann et Launay, qui eurent le rare courage de ne pas se laisser influencer par les railleries et le scepticisme de camarades aujourd'hui, d'ailleurs, pleinement convertis, il est bien probable qu'il ne serait pas encore chez nous question de souterrains métalliques ni de « boucliers » alors qu'à l'étranger les applications s'en multiplient et apparaissent comme un incontestable progrès dans l'art du constructeur.

L'établissement du siphon de Clichy-Asnières se présentait dans des conditions particulièrement complexes et pour une première application du système nouveau on se trouvait en face de toutes les difficultés réunies.

Il s'agissait d'établir, pour le service de l'Assainissement de la Ville de Paris, et comme premier tronçon de ce vaste émissaire qui doit distribuer aux champs d'épandage de Gennevilliers, Achères, Triel, Méry, etc., les eaux souillées vomies jusqu'alors à la Seine par le grand collecteur, une galerie passant sous le lit du fleuve dans sa partie la plus large (245 *m*) à travers des terrains d'alluvions perméables au plus haut point et tellement bouleversés qu'à quelques mètres de distance seulement leur nature changeait brusquement tout en restant bien entendu dans la catégorie la plus mauvaise.

Je hasarde en passant une explication de ces bouleversements bien moins marqués en général dans d'autres parties du lit du fleuve, même peu éloignées de l'emplacement du siphon.

Le tracé de celui-ci, passait très voisin de la pointe amont de deux îles qui divisent en trois bras le courant de la Seine. A l'époque où le fleuve établit définitivement son lit il est fort probable que les îles étaient plus larges et opposaient à son passage une certaine résistance puisqu'il se divisa en trois branches. Des tourbillons affouillant le sol en devaient être la conséquence. Depuis les îles rongées peu à peu, le cours de la rivière amélioré par des travaux se régularisa et des apports de toute nature vinrent remblayer et niveler tous les trous et les failles existant primitivement en ce point.

Quoiqu'il en soit de la valeur de cette hypothèse, le fait brutal était là. Il fallait passer dans un sol aussi peu homogène que possible et sur lequel les quelques sondages faits sur les rives et et en rivière n'avaient pu fournir que des notions insuffisantes, puisqu'ils ne donnaient un renseignement exact que sur leur point précis.

D'autre part, nous devions exécuter ce travail tout à fait nouveau chez nous avec un personnel n'ayant naturellement aucune idée de la manœuvre du « bouclier » et de la construction métallique d'un tunnel et auquel il fallait tout apprendre ; mais nous avions tenu à honneur de ne faire appel à aucun étranger.

Vue perspective de la galerie.

Enfin l'emploi indispensable de l'air comprimé venait augmenter les autres difficultés de toutes les sujétions qu'il comporte.

Il est, d'ailleurs, fort heureux qu'il en ait été ainsi, car la démonstration de la valeur de la méthode employée n'en fût que plus incontestablement probante.

Le mérite de l'initiative de notre Collègue Berlier se doublait d'une grave sanction pécuniaire. Il avait dû, pour vaincre les dernières résistances, entreprendre le travail à forfait, à ses risques et périls, et si l'ouvrage n'eût pas été mené à bien, l'insuccès technique se doublait pour lui d'une perte d'argent considérable.

C'est dans ces conditions que la « méthode du bouclier » fit en France sa première apparition dont je me félicite d'avoir dirigé les travaux puisqu'ils ont eu pour résultat de faire apprécier chez nous, à sa valeur, un procédé jusqu'alors injustement méconnu.

Le siphon de Clichy-Asnières se compose d'un puits de 24 *m* de profondeur foncé sur la rive droite de la Seine, tout à côté de l'Usine du service de l'Assainissement qui relève les eaux du collecteur pour les envoyer sur les champs d'épandage. Du fond de ce puits de 3,50 *m* de diamètre, part une galerie en fonte qui traverse la Seine entre Clichy et Asnières et va rejoindre un sou-

Vue de la galerie pendant le remplissage des alvéoles.

terrain en maçonnerie qui le prolonge jusqu'à l'Usine élévatoire de Colombes.

Le diamètre de la galerie est de 2,50 *m*, sa longueur de 463 *m*. Le profil en long comporte deux rampes successives, la première de 7 *mm* par mètre sous la Seine sur 240 *m*, la seconde de 80 *mm* par mètre. En plan, le tracé se compose de deux alignements droits reliés par une courbe de 100 *m* de rayon.

Le revêtement du puits est formé d'anneaux en fonte d'une seule pièce, de 1 *m* de hauteur, de 3,50 *m* de diamètre extérieur et 30 *mm* d'épaisseur. Celui de la galerie est constitué par des anneaux de 50 *cm* de longueur composés eux-mêmes de cinq

segments et d'une clé *(fig. 19, 20 et 21. Pl. 204)*. Leur épaisseur est de 25 *mm*. Ils sont assemblés par des collets intérieurs de 75 *mm* de hauteur; l'étanchéité des joints est obtenue par l'interposition entre les collets de planchettes de sapin et un rejointoiement au ciment. L'extérieur de la galerie est complètement lisse. L'intérieur est garni dans les alvéoles formées par les brides d'assemblage d'un remplissage en mortier de ciment avec enduit de Vassy. Il importe, en effet, que les détritus entraînés dans les eaux d'égouts ne puissent rencontrer de saillies pour s'y accrocher.

Les travaux furent commencés le 10 novembre 1892. Le fonçage du puits donna de grandes difficultés. Le frottement de ses parois extérieures dans le sol était considérable et il fallut pour obtenir l'enfoncement jusqu'à la cote déterminée, disposer de chaque côté de l'orifice des surcharges de fonte qui dépassèrent 200 *t*. Ces charges étaient réunies par des poutres transversales formant une sorte de joug au-dessus du cuvelage. On intercalait alors entre celui-ci et les poutres de puissants vérins et sous leur action il fallait que le puits enfonce où que les charges fussent soulevées. Ce dernier cas se présenta souvent. On faisait alors partir au fond quelques cartouches de dynamite, les charges étant suspendues au joug et les vérins en fonction. L'ébranlement communiqué au sol favorisait alors la descente qui bien des fois n'atteignait que quelques centimètres.

Enfin le fonçage fut arrêté à 24,90 *m* de profondeur et l'on ferma le fond par une calotte en tôle sous laquelle on injecta du mortier de ciment.

Il s'agissait alors d'amorcer la galerie et de mettre en place le « bouclier. »

On avait réservé dans la paroi du cuvelage du puits un orifice correspondant à l'intersection de deux cylindres des diamètres respectifs de celui-ci et du « bouclier ». Cet orifice était fermé, pendant le fonçage, par des portes provisoires qu'il s'agissait de déboulonner; mais pour éviter l'envahissement de l'eau dont au moment de la pose de la calotte on avait constaté l'afflux à raison de 200 m^3 à l'heure, cette opération devait se faire dans l'air comprimé.

On établit donc au fond du puits une chambre de travail en boulonnant au cuvelage un cône en forte tôle, prolongé par une cheminée jusqu'à un sas à air établi au niveau du sol, puis on procéda au démontage des plaques provisoires et à la construc-

tion d'une amorce d'un diamètre suffisant pour y loger le bouclier.

Cette amorce fut consolidée par un revêtement en briques et ciment et l'on débarrassa le puits du sas, des cheminées et du cône de raccordement. Malgré le soin avec lequel avait été fait le revêtement en maçonnerie de la chambre destinée au bouclier, l'eau envahit cependant le puits pendant ces manœuvres de démontage et le remplit complètement jusqu'au niveau de la Seine.

Comme le bouclier, descendu horizontalement (car on n'aurait pas pu le retourner au fond), s'inscrivait dans le cuvelage du puits avec un jeu de quelques centimètres seulement, il n'y avait pas place pour les appareils d'épuisement et il fallait qu'il fût

Vue du raccordement du puits avec la galerie.

descendu dans l'eau dont la hauteur était de 18 *m* environ au-dessus du radier.

La manœuvre était délicate, car on ne pouvait guider aisément, sous une telle masse d'eau, le « bouclier » qui pesait une dizaine de tonnes et qui, naturellement, échappait à la vue. En opérant très lentement, en le remontant un peu dès que l'on sentait un coincement se produire, on réussit à le mettre à fond sans accroc.

Avec deux gros pulsomètres on épuisa alors l'eau du puits et l'on put maintenir le niveau assez bas pour rétablir au-dessus du « bouclier » toute l'installation de l'air comprimé. On se remit sous pression.

Il s'agissait maintenant de pousser le « bouclier » dans l'amorce qui lui était préparée, de le mettre en place et en direction et de poser la pièce spéciale de raccordement qui devait relier le puits au premier anneau de la galerie. C'était une opération dif-

ficile, ces manœuvres de force devant se faire dans un espace très restreint, où tout ce qui n'était pas occupé par le « bouclier » était encombré par les pièces de fonte du raccordement, les tirants et les portes en fonte et châssis de l'écluse future qui n'auraient pu descendre dans la cheminée ni passer dans le sas du puits. En deux jours, cependant, la manœuvre réussit sans accident et le « bouclier », enveloppant le premier anneau, était prêt à partir pour conduire la galerie jusqu'à son terminus d'Asnières.

Le « bouclier » employé à Clichy *(fig. 16, 17, 18)* était d'un type analogue à ceux précédemment décrits, sauf certaines modifications de détails combinées pour faciliter le travail en raison des données spéciales à l'ouvrage.

Il se composait d'une enveloppe circulaire en tôle d'acier d'un diamètre de 2,56 *m* et d'une longueur totale de 1,88 *m*. L'avant était constitué par un épais anneau de fonte portant une série de plaques en acier, amovibles et formant trousse coupante.

Derrière cet anneau était établie une cloison en tôle, percée d'une porte, munie latéralement de glissières en cornière dans lesquelles on pouvait engager les éléments d'une sorte de barrage à poutrelles. En arrière de cette cloison étaient fixées cinq puissantes presses hydrauliques pouvant exercer, sous la pression de 120 *kg* par centimètre carré, un effort d'environ 150 *t*. Les presses étaient actionnées par deux pompes à bras, indépendantes, fixées de chaque côté du bouclier. La robinetterie était disposée pour permettre d'actionner à volonté une ou plusieurs presses simultanément, soit pour la marche avant, soit pour la marche arrière.

Enfin, en arrière de l'agencement des pompes et presses, la chemise cylindrique en tôle se prolongeait de 0,60 *m*, de façon à rester en prise toujours sur le dernier anneau posé.

L'emploi du « bouclier » laisse autour du revêtement en fonte, au moment de son montage, un vide annulaire correspondant à la différence des diamètres de celui-ci et de la chemise cylindrique.

C'est une circonstance avantageuse car, au fur et à mesure de l'avancement, on refoule dans ce vide un mortier de ciment qui établit à l'extérieur une chape protectrice adhérente à la fonte. Ce mortier, refoulé sous une pression élevée, s'infiltre dans toutes les cavités et consolide tout à fait le sol autour du tunnel *(fig. 22, Pl. 204)*.

On construisit, sans incident notable, une cinquantaine de

mètres de longueur avec l'installation du sas à air au sommet du puits. Mais cette disposition, imposée pour les manœuvres que nous avons décrites, n'était pas favorable à la rapidité du travail. Aussi, dès que l'on eut atteint une longueur suffisante s'empressa-t-on de construire une écluse à air directement en galerie. Cette écluse était formée par un bloquage en maçonnerie de briques et ciment s'étendant sur une longueur d'environ 7 *m* et dans lequel était réservé un passage correspondant aux dimensions des wagonnets-bennes employés pour l'enlèvement des déblais. Deux châssis en fonte portant des portes venant battre sur un cadre en caoutchouc fermaient les deux extrémités du passage. Après avoir soigneusement essayé le bon fonctionnement de cette nouvelle installation, on procéda au démontage de tout ce qui encombrait le puits et l'on put reprendre le travail d'avancement dans de bonnes conditions, les trains de trois ou quatre wagonnets de déblai étant éclusés d'un seul coup et amenés au fond du puits où les bennes, accrochées à un treuil puissant, étaient rapidement enlevées pour venir se basculer à la surface. Cette écluse servit pour toute la longueur de l'ouvrage, la chambre de travail s'allongeant chaque jour et, à un moment donné, présentant un cube de 2 500 *m* avec plus de 3 *km* de développement de joints. Néanmoins, l'étanchéité obtenue était telle que la perte d'air en arrière du front de taille était presque insignifiante. Par exemple, de ce côté, elle était parfois si considérable qu'il nous arriva, à plusieurs reprises, d'être dans une situation extrêmement critique.

A peu près au milieu de la rivière, on rencontra inopinément une faille remplie de gravier pur, par laquelle l'air s'échappait avec tant de violence qu'une colonne d'eau de plus de 1 *m* jaillissait au milieu du fleuve. Il était impossible, malgré la marche à outrance des compresseurs, de maintenir dans la galerie une pression suffisante pour s'opposer à l'envahissement des eaux. Il fallait, cependant, à tout prix, franchir ce mauvais passage ; il y avait alors plus de 500 000 *f* dépensés et le forfait n'admettait aucun cas de force majeure. Nos mineurs firent preuve de beaucoup de dévouement et personne ne quitta son poste. On bloqua le bouclier sur l'avancement en fermant le barrage à poutrelles, on garnit toutes les fissures avec de la glaise et, petit à petit, la pression put remonter. L'eau qui avait envahi le quart inférieur de la galerie et faisait flotter tous les planchers fut éclusée et l'on se retrouva à sec.

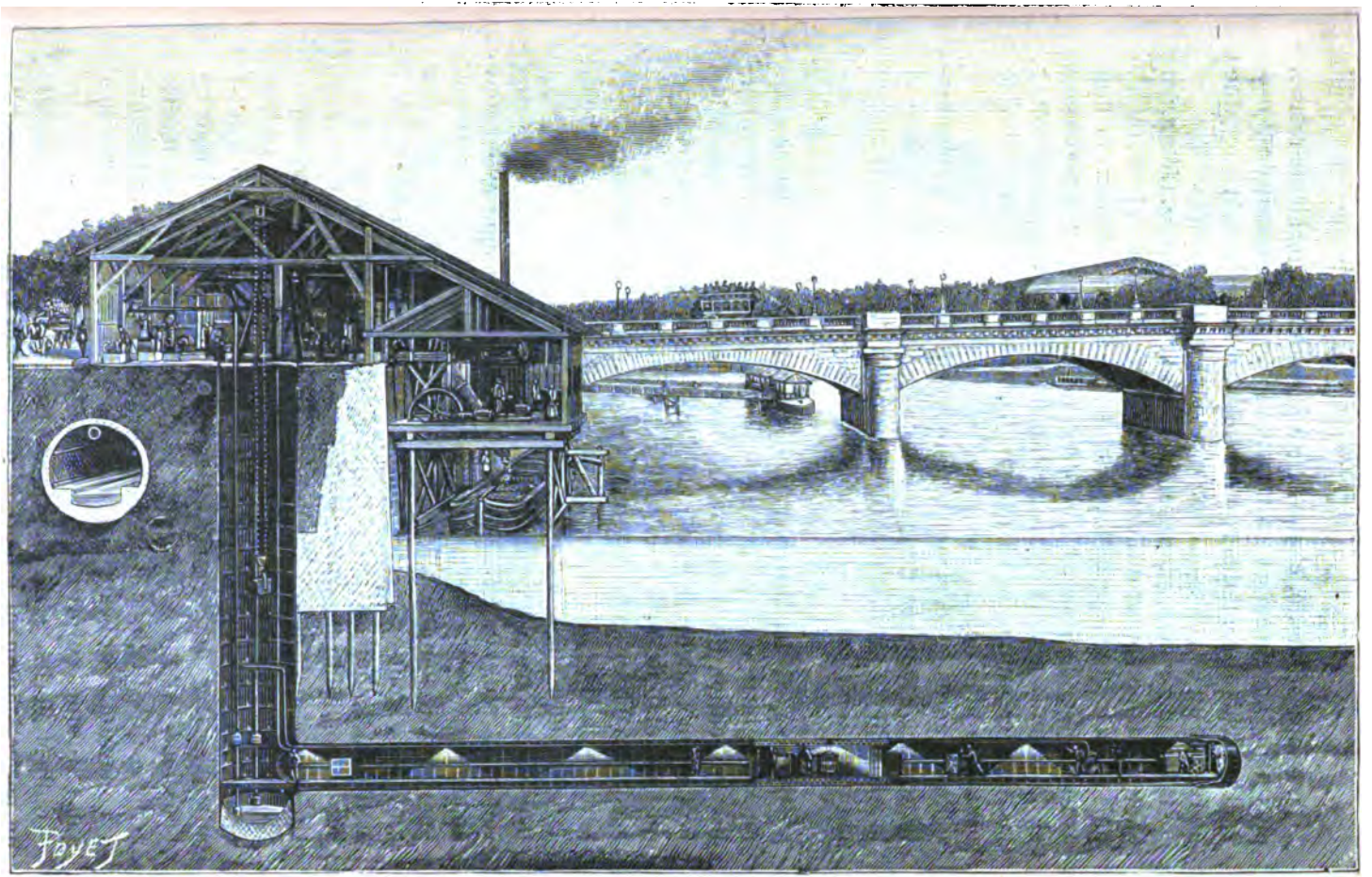
Après cette chaude alerte, — chaude au figuré, — il s'agissait de reprendre l'avancement. On y parvint avec les plus grandes difficultés en enlevant tour à tour chacune des poutrelles, déblayant rapidement avec les mains quelques poignées de gravier, en même temps que l'on forçait, de toute la puissance des presses, le bouclier sur l'avancement. A chaque fois, il arrivait nécessairement un torrent d'eau ; on enduisait rapidement avec de la glaise la petite excavation obtenue ; la pression remontait péniblement et l'on avançait de quelques centimètres. Enfin, cette malencontreuse faille fut enfin franchie et le travail reprit régulièrement. Mais il est bien certain que si nous n'avions pas eu notre « bouclier », il y aurait eu une catastrophe et probablement les travaux auraient dû être abandonnés. C'est un exemple typique des services que peut rendre cet admirable instrument.

Ce fut le passage le plus difficile du travail. Cependant, un peu plus loin, on eut encore à traverser, sur une quinzaine de mètres, une poche de gravier pur dans laquelle la perte d'air était si grande que l'on dut recourir aux mêmes expédients ; mais, à ce moment, on était remonté à un niveau plus élevé et l'envahissement de l'eau était plus facile à combattre. Là encore, le « bouclier » nous rendit les plus signalés services.

Pendant le cours des travaux, on avait rencontré toutes espèces de terrains : marnes compactes où il fallait faire jouer la mine ; marnes disloquées ayant l'aspect d'un mur éboulé ; sables jaunes et graviers ; sables verts et bouillants ; tout cela se succédant brusquement, sans ordre, un chaos, une sorte de remblai hétérogène constitué au hasard de la provenance.

Dans les sables fluents, le « bouclier » lui-même faisait le terrassement. Il suffisait de le presser énergiquement sur le sol, en supprimant une ou plusieurs poutrelles du barrage, le déblai refluait à l'intérieur et l'on n'avait qu'à le charger dans les wagonnets. Il faut, dans ces passages peu consistants, un soin extrême pour maintenir le niveau de l'ouvrage, car le bouclier, par son propre poids, tend à s'abaisser et l'on doit tenir compte de cette circonstance dans la détermination de l'angle à lui faire faire avec l'horizontale.

Malgré ces terrains si différents, le « bouclier » fonctionna toujours régulièrement. Enfin, en octobre 1894, c'est-à-dire un peu plus de deux ans après le commencement des travaux, l'ouvrage était terminé et livré à l'Administration, étanche et conforme au cahier des charges.



Vue générale montrant l'ensemble des installations pendant la construction du siphon de la Concorde.

En temps ordinaire, c'est-à-dire à part les gros incidents relatés plus haut, l'avancement était assez rapide et atteignait de 2 *m* à 2,50 *m* ; mais il y eut des manœuvres fort longues et la moyenne ne ressort qu'à 1,10 *m* environ par vingt-quatre heures.

Malgré une section plus grande, il serait plus rapide. C'était, en effet, la même équipe qui devait faire successivement la terrasse, puis la manœuvre du bouclier et la pose des anneaux. Si l'on avait eu plus de place, les équipes de mineurs, de manœuvres et de poseurs auraient pu travailler simultanément sans se gêner les uns les autres et l'avancement journalier en aurait été de beaucoup plus important.

Enfin, après la construction du siphon de Clichy, la démonstration des avantages de la méthode était complètement faite et le « bouclier » avait vaillamment acquis en France ses lettres de naturalisation.

Siphon de la Concorde. — En présence du succès obtenu, l'administration de la Ville de Paris confia en 1895 à M. Berlier l'exécution du siphon de la Concorde. L'ouvrage, moins important qu'à Clichy, n'avait que 238 *m* de longueur. Le diamètre du puits était de 3,28 *m* et celui de la galerie de 2 *m*. Il s'agissait encore de passer sous la Seine à Paris entre le Palais-Bourbon et la place de la Concorde, à 40 *m* en amont du pont du même nom.

Le travail s'effectua à peu près sur le même plan qu'à Clichy ; mais en raison de l'expérience acquise, les opérations furent naturellement plus rapides. D'autre part un sérieux appoint nous était apporté par la proximité d'une conduite maîtresse de la Compagnie de l'Air comprimé. Aussi lorsqu'on rencontra des terrains très crevassés, n'eut-on pas les mêmes difficultés à maintenir la pression qu'au siphon de Clichy-Asnières On ouvrait davantage la prise sur la conduite ; la dépense augmentait beaucoup mais la sécurité était assurée et l'avancement toujours régulier. C'est ainsi qu'à un moment donné, aux 25 000 m^3 d'air comprimé que pouvait fournir l'installation mécanique de chantier, il fallut en ajouter autant pris au compteur de la Compagnie parisienne. Si nous ne l'eussions pas eue à proximité il eût fallu recourir aux mêmes artifices qu'à Clichy et l'avancement s'en fût lourdement ressenti.

Le terrain était beaucoup plus régulier et ne donnait pas lieu à des brusques surprises.

Enfin M. Berlier avait apporté au « bouclier » *(fig. 27 à 32, Pl. 204)* un perfectionnement important qui facilitait beaucoup le travail.

Sur la demi-circonférence supérieure de la chemise cylindrique, on avait disposé un certain nombre d'étroites plaques de tôle juxtaposées dans le sens des génératrices. Ces plaques indépendantes l'une de l'autre portaient un talon qui pénétrait à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique par une rainure longitudinale dans laquelle

Vue du bouclier employé au siphon de la Concorde.

il pouvait coulisser sous l'effort de vérins à vis convenablement disposés. Cela permettait dans les terrains peu homogènes et inconsistants de faire pénétrer dans la masse ces plaques indépendantes avant toute manœuvre du bouclier et de soutenir le sol en circonscrivant les blocs isolés qui pouvaient s'y rencontrer, comme cela se trouve fréquemment dans certains sables.

Les mineurs pouvaient ainsi travailler plus aisément et s'avancer davantage devant la cloison du « bouclier ». Lorsque celui-ci était ensuite poussé par ses presses hydrauliques il avançait sous les plaques qui se retrouvaient alors dans la position primitive.

Grâce à l'ensemble de toutes ces circonstances favorables, le travail fut très rapidement exécuté.

Ayant pris possession du terrain le 3 avril 1895, les installations mécaniques à la surface étaient terminées le 12 juin. On donna le premier coup de pioche. Le 29 juillet le fonçage du puits était terminé. Le 25 août les manœuvres de mise en place du bouclier étant achevées, on posait le premier anneau de la galerie. Le 15 janvier 1896 le bouclier débouchait à travers le mur pignon de l'origine du grand collecteur où le nouveau siphon vient déverser les eaux d'égouts de la rive gauche.

En résumé, déduction faite du temps consacré aux diverses manœuvres le fonçage du puits avait demandé 47 jours et le percement de la galerie 111 jours, soit un avancement moyen journalier de 2,15 *m*. A partir du moment où l'écluse à air en galerie pût être mise en service, l'avancement fut très régulièrement de 2,50 *m* à 2,60 *m* par jour. Exceptionnellement on atteignit 3,50 *m*.

Après ces deux démonstrations décisives, la « méthode du bouclier » pouvait être considérée comme définitivement acclimatée en France et notre Collègue Berlier put se féliciter légitimement d'avoir réussi à l'y introduire.

Désormais l'élan est donné, et les applications vont se multiplier avec les modifications et perfectionnements que chacun pourra y apporter suivant les circonstances.

X

Comme on l'a vu par les descriptions qui précèdent, la « méthode du bouclier » est presque partout employée concurremment avec le revêtement métallique et cela se comprend, le bouclier ayant été conçu en vue de l'exécution d'ouvrages le plus souvent à établir dans des terrains envahis par l'eau, ou très peu consistants pour lesquels le revêtement en fonte présente seul la sécurité et l'étanchéité indispensables.

Notre Collègue M. Chagnaud a pensé que cette méthode pourrait présenter des avantages dans l'exécution des souterrains maçonnés et il en fit pour la construction de la partie extra-muros du grand collecteur de Clichy la base de son projet. Il fut

encouragé et soutenu en cela par MM. les Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées Bechmann et Launay, dont on retrouve ici encore l'esprit large et l'intuition du succès auquel peut prétendre une méthode rationnelle même lorsqu'elle déconcerte la routine.

Si donc M. Berlier a réussi à introduire en France la « méthode du bouclier », si M. Chagnaud a pu y entreprendre par cette méthode, en l'appropriant aux circonstances, l'exécution du premier souterrain en maçonnerie, on doit reconnaître à MM. Bechmann et Launay le très grand mérite d'avoir su reconnaître, défendre et imposer par l'autorité de leur valeur scientifique incontestée une méthode qui soulevait un scepticisme presque général et dont ils peuvent aujourd'hui revendiquer à juste titre l'honneur d'être les parrains dans notre pays. Il est bon de fixer très nettement ces points d'histoire lorsqu'ils sont encore assez récents pour ne pouvoir être discutés.

Collecteur de Clichy. — Le grand collecteur de Clichy, dont l'origine est place de la Trinité, et l'extrémité à l'usine de l'assainissement de Clichy est un ouvrage à section elliptique intérieure de 6 *m* de largeur et 5 *m* de hauteur avec revêtement en maçonnerie de 0,40 *m* à la voûte, 0,60 *m* aux naissances et 0,45 *m* au radier. Sa longueur totale est de 4 328,56 *m*. On l'a pour la construction divisé en deux lots : l'un extra-muros de 1 753,20 *m* qui vient d'être terminé par M. Chagnaud, l'autre de 2 575,30 *m* intra-muros, en cours d'exécution par MM. Fougerolle frères.

Cette grande galerie ne pouvait être faite en ouvrant le sol ni dans la partie intra-muros où elle est à une grande profondeur, ni dans la partie extra-muros où elle passe à une faible distance sous le pavage d'une voie extrêmement fréquentée de jour et de nuit.

Le projet de M. Chagnaud qui comportait l'exécution du travail au moyen d'un bouclier fut adopté comme présentant les meilleures garanties de succès.

M. Chagnaud a commencé par construire la voûte sur toute la longueur de l'ouvrage, il a ensuite repris en sous-œuvre l'exécution des pieds-droits et du radier.

La voûte seule a donc été construite au moyen d'un « bouclier » qui se composait d'une carapace semi-elliptique en tôle de 14 *mm* renforcée aux joints par des plates-bandes de même épaisseur.

Cette carapace *(fig. 23 et 24, Pl. 203)* avait 7,25 *m* de largeur au grand axe et 2,95 *m* de hauteur et 5,25 *m* de longueur. Elle correspondait à la section extérieure de la voûte de l'ouvrage.

Cette carapace ne comportait aucune cloison transversale et la permanence de la forme était obtenue par de grandes fermes de 0,50 *m* de hauteur, constituées par une âme en tôle de 12 *mm* et une semelle de 20 *mm* d'épaisseur et 30 *cm* de largeur. Ces deux fermes écartées de 1,40 *m* étaient solidement entretoisées et l'ensemble supportait six presses hydrauliques destinées à donner à l'appareil sa marche en avant. La tôle d'enveloppe formait, par son prolongement en dehors de ces fermes un avant-bec et un arrière-bec qui soutenaient le terrain.

Les tiges des presses n'étaient pas indépendantes, elles étaient toutes fixées par leur extrémité à une ferme mobile ayant la même forme extérieure que l'enveloppe en tôle sous laquelle elle glissait lors du fonctionnement des presses. Cette ferme comportait une âme de 0,92 *m* de hauteur et des semelles de 0,30 *m* en bas et 0,40 *m* en haut.

L'ensemble de la carapace reposait sur le sol par de larges semelles longitudinales parallèles à l'arête inférieure de l'enveloppe et régnant sur toute sa longueur.

Pour soutenir toute cette masse et lui permettre de se déplacer on établissait en contre-bas du niveau de ces semelles un chemin de roulement en bois posé directement sur le terrain, et l'on intercalait entre les deux des rouleaux en fonte.

Le point d'appui des presses pour la marche était pris sur les cintres entretoisés les uns les autres au nombre de 30 et qui, tant par leur propre poids que par leur serrage sous la maçonnerie présentaient une résistance généralement suffisante.

La méthode de M. Chagnaud consistait à faire le déblai à l'abri de l'avant-bec, puis on faisait avancer le « bouclier » sur ses rouleaux, la ferme qui reliait les têtes des pistons prenant appui sur le dernier cintre posé. Dans cette manœuvre, l'arrière-bec se dégageait du blindage précédent, l'on rappelait les pistons au fond des cylindres et à l'abri de l'arrière-bec on posait un nouveau cintre, lequel supportait et serrait contre la tôle du bouclier un nouveau blindage établi sur le faux chapeau. On avait soin de placer entre le cintre et les faux chapeaux des coins qui permettaient, lorsque le bouclier avait avancé à nouveau, de serrer à fond le blindage contre le sol dont il était séparé d'abord par l'épaisseur de la tôle.

On voit que le système était mixte. Le bouclier servait à l'établissement d'un boisage et n'abritait pas directement la maçonnerie qui se faisait à 20 ou 30 *m* en arrière.

Lors de l'exécution de la maçonnerie les bois du blindage étaient enlevés un à un et posés sur les cintres où ils formaient couchis. Mais souvent on fut obligé d'abandonner les bois dans le sol car, lors de leur enlèvement, il se produisait des cloches dans le terrain.

M. Chagnaud obvia à cet inconvénient en plaçant entre le sol et le blindage des plaques de tôle mince de 1,2 *mm* qui seules furent abandonnées.

L'avancement obtenu pour la voûte fut en moyenne de 4,51 *m* pour la période du 23 mars au 31 octobre 1896. Si l'on déduit dans le calcul de la moyenne 38 jours de chômage pour des causes diverses, l'avancement moyen réel est de 5,45 *m* par 24 heures. Il atteignit jusqu'à 9,10 *m* dans ce laps de temps. Ceci constitue je crois, comme il est de mode maintenant de l'exprimer, un véritable record. Il faut dire que le terrain était sablonneux et la terrasse ne comptait guère, c'était plutôt un chargement de déblais sur wagons.

La voûte fut terminée en septembre 1895. On procéda alors, non sans difficultés, en raison des infiltrations, à la reprise en sous-œuvre et à la construction des pieds-droits et du radier par les méthodes ordinaires. Le travail vient d'être achevé.

La réussite de ce souterrain provoquera très certainement d'autres applications analogues, car chez nous si le plus grand nombre hésite à prendre une initiative dont les aléas effraient sa timidité, il sait sans fausse honte tirer parti d'une solution démontrée par les plus hardis, par ceux que seuls a soutenus contre tous les obstacles une énergique confiance en un programme rationnel mais encore inappliqué.

Comme nous venons de le voir, M. Chagnaud n'use du bouclier que pour l'établissement de la voûte qu'il reprend en sous-œuvre.

MM. Fougerolle frères, au contraire, employèrent pour la construction de la partie intra-muros du nouveau grand collecteur de Clichy, une « armature tubulaire » *(fig. 25 et 26, Pl. 204)* complète à l'abri de laquelle ils exécutent d'un seul coup, le revêtement complet en maçonnerie, dans un terrain sans eau où le revêtement en fonte n'a pas paru nécessaire et où il n'y a pas lieu naturellement d'employer l'air comprimé.

L' « armature tubulaire » de MM. Fougerolle se compose essentiellement d'une enveloppe en tôle ayant la forme extérieure de l'ouvrage qu'elle précède toujours sans jamais l'envelopper. En avant et en arrière de cette enveloppe, les tôles se prolon-

gent mais seulement dans la partie correspondant à la voûte dont elle abrite la construction. Le prolongement avant forme un avant-bec à l'abri duquel travaillent les mineurs. Le prolongement arrière reste toujours en prise sur l'extrados de la voûte maçonnée et blinde le sol entre le revêtement construit et l'enveloppe complète qui porte des presses hydrauliques servant à la progression de l'ensemble. Cette disposition suppose un terrain assez solide par lui-même pour ne pas s'ébouler sur les flancs, le prolongement arrière ne blindant que la partie du sol correspondant à la voûte.

Pour avoir un point d'appui suffisamment résistant pour la butée des presses hydrauliques lors de la marche en avant du bouclier, point d'appui que ne pourrait fournir une maçonnerie fraîchement exécutée, MM. Fougerolle disposent, dans le prolongement de l'axe des presses hydrauliques, une série d'ancrages scellés à même le revêtement. Ces ancrages sont entretoisés par des tiges cylindriques formant en face de chaque presse une colonne horizontale solidaire de la maçonnerie sur laquelle se trouve ainsi répartie en autant de points qu'il est jugé utile la résistance nécessaire pour l'avancement de l' « armature ».

Les déblais extraits à l'avancement sont évacués par un transporteur qui les conduit à 25 *m* en arrière jusque dans les wagons.

Ce transporteur, comme les pompes qui actionnent les presses hydrauliques est commandé par une dynamo réceptrice.

Le travail des maçonneries s'exécute totalement sur trois anneaux de 0,60 *m* de longueur chacun correspondant respectivement au radier, aux pieds-droits et à la voûte. La disposition particulière de l'enveloppe qui, dans l'arrière-bec n'existe que pour la demi-partie supérieure de l'ouvrage permet de donner au radier et aux pieds-droits une avance continuelle sur la voûte. Les anneaux complets étant clavés au fur et à mesure de leur construction, les cintres ne supportent qu'une faible charge.

L'avancement journalier a atteint jusqu'au maximum de 6 *m*. La moyenne sur les neuf derniers mois ressort à 3,20 et paraît devoir être considérée comme représentant le véritable taux pratiquement atteint.

Les dispositions de l' « armature » de MM. Fougerolle sont intéressantes, elles suppriment le boisage dans l'exécution des souterrains en maçonnerie et évitent les aléas des reprises en sous-œuvre. C'est un exemple de la souplesse de cette méthode du « bouclier » et de l'avantage qu'elle présente même lorsqu'il

ne s'agit pas de travaux spéciaux où l'air comprimé et la fonte sont des conditions indispensables soit pour passer sous des fleuves ou dans les nappes d'eau, soit pour réduire au minimum la section de l'attaque comme lorsqu'on se trouve dans des rues étroites ou à proximité des fondations de constructions importantes.

XI

Voici close, maintenant, la liste des ouvrages exécutés en France par la « Méthode du bouclier ». Elle est courte comme est restreint encore le nombre de ceux qui ont eu à s'en occuper pratiquement. Aux noms cités dans ce mémoire nous n'avons qu'un seul à ajouter, celui de M. l'Ingénieur des Ponts et Chaussées Legoüez, au service duquel fut rattachée, quelque temps après le commencement des travaux, l'exécution du siphon de la Concorde, et qui, depuis, s'est occupé, en sa qualité d'Ingénieur ordinaire, des travaux du collecteur de Clichy — (parties intra-muros et extra-muros). — Conquis à la nouvelle méthode par ses incontestables avantages, M. Legoüez se l'est très rapidement assimilée et vient de faire paraître sur ce sujet un ouvrage des plus intéressants.

Nous nous rencontrons avec lui, comme cela est logique, décrivant les mêmes ouvrages et souvent documentés aux mêmes sources, sur nombre de points et nos appréciations cadrent très souvent avec les siennes. Cependant, nous sommes en désaccord lorsqu'il émet une opinion trop exclusivement favorable au revêtement en maçonnerie.

Le revêtement métallique nous paraît indispensable, d'abord, et inévitablement toutes les fois que le travail doit être exécuté à l'air comprimé. L'exemple du tunnel de l'Hudson est là pour prouver que l'on n'a obtenu une solution satisfaisante et sans danger que du jour où l'on substitua la fonte à la brique. Si les plaques un peu trop légères ont dû être consolidées ultérieurement, il n'en est pas moins vrai que l'exécution de l'ouvrage n'a été rendue possible que par leur emploi et qu'il aurait suffi de leur donner un peu plus d'épaisseur pour avoir des résultats aussi satisfaisants qu'aux tunnels de Saint-Clair et de Blackwall.

Il est absolument certain que les siphons de Clichy et de la Concorde n'auraient pu être exécutés en simple maçonnerie. Enfin, l'expérience du tunnel d'Edimbourg est là pour démontrer qu'à proximité où sous les fondations de lourds édifices, le revê-

tement métallique donne plus de sécurité que le revêtement maçonné. La même raison a fait adopter sur tous les nouveaux chemins de fer souterrains de Londres la construction en fonte et cependant la plus grande partie de leur longueur se trouve dans un terrain solide, exempt même d'infiltrations.

Quant à l'étanchéité donnée par les deux modes de revêtement, elle n'est nullement comparable. Si quelques suintements ont pu se faire jour dans les parois des siphons, il ne faut pas oublier qu'ils étaient alors sous une charge d'eau atteignant à Clichy jusqu'à 2 *kg* par centimètre carré. J'estime que, dans les mêmes conditions la maçonnerie en eût laissé passer bien davantage. Nous en eûmes la preuve lors de la construction de la chambre réservée à la mise en place du bouclier, et qui, exécutée avec le plus grand soin, rejointoyée au ciment, laissait passer cependant de véritables sources impossibles à aveugler de l'intérieur, alors que l'on peut toujours, avec de la patience, étancher complètement un joint métallique en y bourrant du plomb ou de petits coins de bois sec.

Quant aux prix de revient, il est difficile de les comparer l'un à l'autre. Les ouvrages en fonte ont généralement été exécutés à l'air comprimé dans de mauvais terrains; les souterrains du collecteur de Clichy l'ont été à l'air libre dans un sol presque sec se travaillant aisément. Il n'y a aucune comparaison possible, et nous prétendons, sans crainte de démenti sérieux, que si, par extraordinaire, on avait réussi à construire en maçonnerie le siphon de Clichy, il fût revenu bien plus cher qu'il n'a coûté avec le revêtement métallique.

Les Anglais et les Américains ne sont pas gens tellement prodigues que dans de très nombreux ouvrages ils aient sans bonnes raisons donné la préférence au revêtement métallique. Leur expérience se fût sans doute bien vite ralliée au moellon s'ils y avaient trouvé un avantage pécuniaire évident.

Il ne faut donc pas rejeter le métal *a priori* parce que, dans des conditions favorables deux souterrains ont pu être exécutés en maçonnerie par « Méthode du bouclier », et pas plus que nous ne prétendons avantageux de construire tous les tunnels en fonte, on ne peut affirmer que la maçonnerie soit la solution exclusive par excellence ; tout dépend des circonstances spéciales et l'émulation entre partisans de deux méthodes différentes ne peut qu'être grandement profitable au progrès général pour lequel c'est notre honneur et notre devoir de travailler sans relâche.

LES

CHAUDIÈRES MARINES

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

II^e ERRATA

au Bulletin d'Avril 1897.

Page 539, au lieu de :

$$v_e = \sqrt{2g(x - h - \varepsilon)},$$

et de : $$Q_e = K\omega'\sqrt{2g(x - h - \varepsilon)},$$

il faut lire :

$$v_e = \sqrt{2g[x(1 - n_e) - h - \varepsilon]},$$

et : $$Q_e = K_1\omega'\sqrt{2g[x(1 - n_e) - h - \varepsilon]}$$

Page 550, au lieu de :

$n'_e h_s$ et $n'_e h_s$,

il faut lire :

$n'_i h_s$ et $n'_e h_s$.

Page 551, au lieu de :

$$(n_e h_s \Delta_T + n_e h_s \Sigma_T + n'_i h_s \Sigma_T),$$

et : $$h_s[\Delta_t - n_e \Delta_T - (n_e + n'_i)\Sigma_T] = F_M, \qquad [3]$$

il faut lire :

$$(n'_e h_e \Delta_T + n_i h_s \hat{\varepsilon}_T + n'_e h_s \hat{\varepsilon}_T),$$

et :

$$h_s[\Delta_t - n'_e \Delta_T - (n_e + n'_e)\hat{\varepsilon}_T] = F_M. \qquad [3]$$

Page 555, au lieu de :

$$Q = \omega \Delta_m \sqrt{2gH \frac{(1 - n_e)}{\Delta_m}} = \omega \sqrt{2gH \Delta_t (1 - n_e) n_e},$$

il faut lire :

$$Q = \omega \Delta_m \sqrt{2gH \Delta_t \left(\frac{1 - n_e}{\Delta_m}\right)} = \omega \sqrt{2gH \Delta_t^2 (1 - n_e) n_e}$$

$$= \omega \Delta_t \sqrt{2gH (1 - n_e) n_e}.$$

CONCOURS DES POIDS LOURDS

Organisé par l'Automobile-Club de France

(Versailles, 1897)

RAPPORT DE LA COMMISSION

Communiqué par M. Ch. JEANTAUD, membre de la Commission (1),
à la Société des Ingénieurs Civils de France
dans la séance du 19 novembre 1897.

PROGRAMME DU CONCOURS DES POIDS LOURDS

Minimum du poids transporté (voyageurs ou marchandises) : 1 tonne.

ARTICLE PREMIER. — Un concours est organisé entre les véhicules à moteur mécanique (automobile, tracteurs divers, trains routiers), établis en vue des services suivants :

1° Transports publics des voyageurs dans les villes ; correspondances entre les gares de chemins de fer et localités non desservies directement ;

2° Services de livraisons et transports de marchandises.

---

(1) MEMBRES DE LA COMMISSION

Président : M. Forestier (G.), Inspecteur général des Ponts et Chaussées.
Secrétaire : M. Chasseloup-Laubat (comte G. de).
Membres : MM. Ballif (A.), Broca (G.), Cadier (docteur), Chasseloup-Laubat (marquis L. de), Collin (Georges), Cuvinot, Dion (comte de), Giffard (Pierre), Hérard, Houry, Jeantaud (Ch.), La Valette (comte de), Lehideux-Vernimmen (A.), Lemoine (Louis), Loménie (Ch. de), Menier (Henri), Meyan (Paul), Monmerqué, Paris-Singer, Pérignon, Pierron (G.), Pozzy (S.), Prévost (G.), Récopé (Ed.), Rives (G.), Sencier (G.), Thévin, Varennes (René), Zuylen de Nyevelt (baron de).

COMMISSAIRES A BORD DES VÉHICULES

MM. Aimé (E.), Anot, Augé (D.), Bardy, Barisien (capitaine), Bourdil (F.), Boyer-Guillon, Courtois (D.), Dalifol, Despinoy, Drion, Ferrus (capitaine), Francq (L.), Gastine, Longuemare (G.), Picard (Méry), Pigornet, Pillon, Popp (Victor), Raymond, Thénard (Louis), Vedovelli, Vinet (G.).

ART. 2. — Le concours aura lieu sur plusieurs routes rayonnant autour d'une ville située dans les environs de Paris, le 1er juillet 1897 et jours suivants (1).

ART. 3. — Le concours portera sur le prix de revient, c'est-à-dire sur le rapport de la dépense totale au poids transporté; il sera tenu compte des différents facteurs qui influent sur le prix de revient, du rapport du poids utile transporté au poids du matériel roulant et du confort.

ART. 4. — Seront admis au concours :

1° Les véhicules pouvant porter, conducteurs non compris, au moins dix voyageurs avec 30 kilogr. de bagages (soit 100 kilogr. par place offerte);

2° Les véhicules à marchandises transportant au minimum une tonne;

3° Les véhicules mixtes établis en vue du transport simultané des voyageurs et des marchandises avec un minimum de poids transporté de 1 000 kilogrammes.

La Commission établira des catégories, suivant les voitures engagées.

Tous ces véhicules devront être munis d'un appareil enregistreur de vitesse agréé par la Commission de l'AUTOMOBILE-CLUB DE FRANCE.

Le concours est international.

ART. 5. — Le nombre des véhicules n'est pas limité, mais chaque constructeur ne pourra pas présenter plusieurs véhicules du même type et de dimensions similaires.

ART. 6. — Chaque véhicule engagé paiera une entrée de 200 francs jusqu'au 1er juin 1897, et une entrée double à partir de cette date.

La liste des engagements sera close le 25 juin à minuit.

Toute demande d'inscription devra être accompagnée du versement du droit d'entrée qui en tous cas restera acquis.

ART. 7. — Chaque constructeur devra remettre avant le 25 juin une photographie des véhicules engagés par lui et en indiquer le prix de vente.

Les concurrents feront parvenir en temps utile dans les locaux désignés par le Comité de l'AUTOMOBILE-CLUB DE FRANCE, les approvisionnements dont ils auront besoin pour effectuer la totalité des épreuves de ce concours.

---

(1) Le concours, en définitive, a eu lieu à Versailles, du 5 au 11 août.

Ces approvisionnements seront délivrés ensuite aux concurrents sous le contrôle de l'Automobile-Club de France.

Tous les véhicules engagés devront pouvoir parcourir une distance de 15 kilomètres au moins sans prendre de ravitaillement.

Art. 8. — L'épreuve du concours se composera d'un service de 6 jours, constituant un parcours total de 300 kilomètres.

Chaque véhicule fera deux fois la série suivante :

1re	série. —	Route	A. —	40 kilom.	avec arrêts	tous les	1 kilom.
2e	—	—	B. —	50 —	—		5 —
3e	—	—	C. —	60 —	—		10 —

Il y aura des arrêts prévus en pleine rampe et en pleine pente, sur macadam et sur pavé.

Les véhicules engagés seront divisés en groupes, de façon qu'il y ait chaque jour, dans chacune des trois directions A, B, C, des véhicules transportant des charges différentes.

Tous les véhicules rouleront avec la charge indiquée lors de leur inscription.

Art. 9. — Des commissaires choisis parmi les membres de la Commission et du Club, non concurrents, accompagneront les véhicules ; ils seront chargés :

1° De noter les consommations (y compris graissage, allumage, etc.);

2° De chronométrer les vitesses en palier et en rampe, conformément aux indications qui leur seront données par la Commission.

La vitesse sur les pentes ne sera considérée qu'au point de vue de ses effets sur la stabilité du véhicule; la Commission décidera le maximum à imposer à chaque véhicule suivant ses conditions d'établissement et le commissaire sera chargé de le faire respecter;

3° De noter dans chaque cas les longueurs que les véhicules parcourront avant l'arrêt complet sous l'action du frein ;

4° De donner leurs appréciations sur les véhicules en tenant compte de la facilité de conduite, de la marche en avant ou en arrière, de la sécurité, du confortable, des dépenses d'entretien, de l'amortissement du capital, de la fréquence, l'importance, la facilité des réparations, et de la fréquence des ravitaillements.

Art. 10. — Dans la ville, centre du concours, sera installé un Parc où le remisage des véhicules engagés sera obligatoire.

Les réparations y seront faites en présence des commissaires.

Art. 11. — Il sera accordé des médailles et diplômes aux véhicules qui seront reconnus présenter les conditions requises pour un des services en vue desquels le concours est organisé.

Il sera établi par les soins de la Commission un rapport donnant la reproduction de la photographie de chaque véhicule et les détails des épreuves du concours.

Ce rapport sera communiqué par le président de l'AUTOMOBILE-CLUB DE FRANCE à la Société des Ingénieurs civils de France, aux Sociétés industrielles des différentes régions, ainsi qu'aux mairies des communes.

Il recevra, en un mot, toute la publicité possible.

ART. 12. — Les concurrents devront se conformer aux décisions ultérieures de la Commission du concours, particulièrement en ce qui concerne les détails de l'organisation de l'épreuve.

ART. 13. — Les responsabilités civiles et pénales resteront à la charge des concurrents à qui elles incombent, étant bien entendu que la Commission décline toutes responsabilités de quelque nature qu'elles soient.

RAPPORT DE LA COMMISSION

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Dans sa séance du 17 novembre 1896, le Comité de l'Automobile-Club de France décidait d'appeler à un concours international tous les constructeurs de voitures mécaniques susceptibles de transporter au moins 1 000 kilogr. de poids utile.

En prenant cette résolution, le Comité se proposait de mettre le public et les professionnels à même de constater que l'industrie des voitures automobiles n'était pas seulement capable de construire des voitures de course et de luxe, mais se trouvait aussi en mesure de leur livrer des véhicules industriels pour le transport en commun des voyageurs dans les villes ou d'une gare aux localités à desservir, pour les livraisons d'articles de messagerie ou d'approvisionnement, ainsi que pour le camionnage des marchandises.

Pour remplir le but du Comité, il fallait que les épreuves du concours durassent assez longtemps, que les trajets parcourus fussent assez longs pour que les intéressés : public et constructeurs, fussent certains que les divers organes des véhicules sortis victorieux de la lutte, avaient réellement résisté à des secousses, à des chances d'avaries conformes à celles de la pratique. Dans l'intérêt de l'avenir de la construction des automobiles, il n'était, en outre, pas mauvais que les parcours adoptés pour le concours fussent même un peu plus difficultueux que les trajets à desservir régulièrement plus tard.

En ce qui concernait l'adaptation du véhicule à un service déterminé, son mode de fonctionnement, la nature de son moteur, le Comité

n'avait pas à chercher à peser sur l'initiative des constructeurs ni sur le goût ou les besoins du public. Il devait donc accepter au concours tout véhicule, à la seule condition qu'il fût susceptible de réaliser un des modes de service régulier énumérés plus haut en transportant au minimum une tonne de charge utile, en laissant aux intéressés le soin de choisir le véhicule s'adaptant le mieux à leurs besoins spéciaux.

Le Comité n'avait, dès lors, qu'à recueillir et publier tous renseignements utiles à la détermination du prix de revient de la tonne kilométrique ou du voyageur kilométrique pour chaque voiture présentée au concours, en tenant compte de la facilité des ravitaillements, de la fréquence et de l'importance des avaries, de la vitesse, et de la régularité du service.

Le programme a été étudié (1) et arrêté dans ces conditions. En particulier, l'article 8 disait :

L'épreuve du concours se composera d'un service de 6 jours, constituant un parcours total de 300 kilomètres :

Route A : 40 kilomètres, avec arrêt tous les kilomètres.
— B : 50 — — 5 —
— C : 60 — — 10 —

Il y aura des arrêts prévus en pleine rampe et en pleine pente, sur macadam et sur pavé,

De même, l'article 9 :

Des commissaires choisis parmi les membres de la Commission et du Club non concurrents, accompagneront les véhicules; ils seront chargés :

1° De noter les consommations, y compris graissage, allumage, etc.;

2° De chronométrer les vitesses en palier et en rampe, conformément aux instructions qui leur seront données par la Commission.

La vitesse sur les pentes ne sera considérée qu'au point de vue de ses effets sur la stabilité des véhicules; la Commission décidera le maximum à imposer à chaque véhicule suivant ses conditions d'établissement, et le Commissaire sera chargé de le faire respecter;

3° De noter dans chaque cas les longueurs que les véhicules parcourront avant l'arrêt complet sous l'action du frein;

4° De donner leurs appréciations sur les véhicules en tenant compte de la facilité de conduite, de la marche en avant ou en arrière, de la sécurité, du confortable, des dépenses d'entretien, de l'amortissement du capital, de la fréquence, l'importance, la facilité des réparations et de la fréquence des ravitaillements.

Voici maintenant dans quelles conditions les parcours ont été étudiés et arrêtés.

(1) Le projet de programme a été préparé par M. Georges Collin.

Du moment qu'il s'agissait non pas de déterminer le véhicule le plus apte à parcourir rapidement un trajet donné, mais de relever les incidents relatifs à la puissance du moteur, au fonctionnement et à l'endurance des divers organes, il importait que les concurrents ne fussent pas incités à se livrer à une course. Dès lors, il fallait éviter de les placer tous sur une même route et de les faire partir en même temps. On obtenait ainsi, du reste, plus de facilité pour les ravitaillements.

FIG. 1. — Omnibus SCOTTE.

D'un autre côté, pour ne pas imposer aux concurrents des frais de remisage exagérés, il convenait que, chaque soir, tous les véhicules pussent rentrer au centre du concours.

Dans ces conditions, Versailles a été choisi comme offrant toutes facilités pour réaliser ces divers desiderata.

***

Trois parcours, partant de la place d'Armes, ont été étudiés par M. le comte de Chasseloup-Laubat, secrétaire de la Commission. La carte reproduite sur la planche I (hors texte) donne ces trois parcours (1).

(1) Une circonstance indépendante de la volonté de la Commission a déterminé, au dernier moment, une légère modification à l'itinéraire C.

n'avait pas à chercher à peser sur l'initiative des constructeurs ni sur le goût ou les besoins du public. Il devait donc accepter au concours tout véhicule, à la seule condition qu'il fût susceptible de réaliser un des modes de service régulier énumérés plus haut en transportant au minimum une tonne de charge utile, en laissant aux intéressés le soin de choisir le véhicule s'adaptant le mieux à leurs besoins spéciaux.

Le Comité n'avait, dès lors, qu'à recueillir et publier tous renseignements utiles à la détermination du prix de revient de la tonne kilométrique ou du voyageur kilométrique pour chaque voiture présentée au concours, en tenant compte de la facilité des ravitaillements, de la fréquence et de l'importance des avaries, de la vitesse, et de la régularité du service.

Le programme a été étudié (1) et arrêté dans ces conditions. En particulier, l'article 8 disait :

L'épreuve du concours se composera d'un service de 6 jours, constituant un parcours total de 300 kilomètres :

Route	A : 40	kilomètres,	avec arrêt tous les	kilomètres.
—	B : 50	—	— 5	—
—	C : 60	—	— 10	—

Il y aura des arrêts prévus en pleine rampe et en pleine pente, sur macadam et sur pavé,

De même, l'article 9 :

Des commissaires choisis parmi les membres de la Commission et du Club non concurrents, accompagneront les véhicules ; ils seront chargés :

1° De noter les consommations, y compris graissage, allumage, etc. ;

2° De chronométrer les vitesses en palier et en rampe, conformément aux instructions qui leur seront données par la Commission.

La vitesse sur les pentes ne sera considérée qu'au point de vue de ses effets sur la stabilité des véhicules ; la Commission décidera le maximum à imposer à chaque véhicule suivant ses conditions d'établissement, et le Commissaire sera chargé de le faire respecter ;

3° De noter dans chaque cas les longueurs que les véhicules parcourront avant l'arrêt complet sous l'action du frein ;

4° De donner leurs appréciations sur les véhicules en tenant compte de la facilité de conduite, de la marche en avant ou en arrière, de la sécurité, du confortable, des dépenses d'entretien, de l'amortissement du capital, de la fréquence, l'importance, la facilité des réparations et de la fréquence des ravitaillements.

Voici maintenant dans quelles conditions les parcours ont été étudiés et arrêtés.

---

(1) Le projet de programme a été préparé par M. Georges Collin.

Du moment qu'il s'agissait non pas de déterminer le véhicule le plus apte à parcourir rapidement un trajet donné, mais de relever les incidents relatifs à la puissance du moteur, au fonctionnement et à l'endurance des divers organes, il importait que les concurrents ne fussent pas incités à se livrer à une course. Dès lors, il fallait éviter de les placer tous sur une même route et de les faire partir en même temps. On obtenait ainsi, du reste, plus de facilité pour les ravitaillements.

FIG. 1. — Omnibus SCOTTE.

D'un autre côté, pour ne pas imposer aux concurrents des frais de remisage exagérés, il convenait que, chaque soir, tous les véhicules pussent rentrer au centre du concours.

Dans ces conditions, Versailles a été choisi comme offrant toutes facilités pour réaliser ces divers desiderata.

***

Trois parcours, partant de la place d'Armes, ont été étudiés par M. le comte de Chasseloup-Laubat, secrétaire de la Commission. La carte reproduite sur la planche I (hors texte) donne ces trois parcours (1).

(1) Une circonstance indépendante de la volonté de la Commission a déterminé, au dernier moment, une légère modification à l'itinéraire C.

Les longueurs approximatives des trois tracés sont :

Trajet A	kilomètres.	41,500
— B		46,500
— C		66,500 (1)

Les profils en long de ces tracés (pl. I, hors texte), permettent de voir que chacun d'eux comportait des déclivités douces et continues, raides et courtes, ainsi que des parties pavées, qui semblent n'avoir été, depuis le temps du Grand Roi, l'objet d'aucun entretien.

Ces profils, établis approximativement par M. Ferney, conducteur des Ponts et Chaussées, tout en donnant bien le nombre de mètres gravis et descendus par les véhicules, n'indiquent, pour les déclivités, que des moyennes obtenues par les différences d'altitudes de points relativement éloignés. Ces moyennes ne permettent pas d'avoir une idée exacte de certains raidillons que les véhicules ont eu à franchir.

Cependant, si la *hauteur* seule intervient au point de vue du *travail accompli*, la connaissance de l'*inclinaison* est indispensable pour évaluer l'*effort*, le *coup de collier* que le mécanisme doit produire pour gravir la rampe.

Aussi avons-nous accepté avec empressement l'offre de M. Henri Vallot, membre de la Société des Ingénieurs civils, dont tout le monde connaît la compétence en matière de topographie, de nous fournir les profils figurant sur la planche II (hors texte).

M. Vallot possédait déjà des données, résultant de recherches personnelles, sur certains points des trois itinéraires; il a bien voulu les compléter pour les parties les plus accidentées et par conséquent les plus intéressantes des itinéraires A et B. Le temps lui a manqué pour faire une étude analogue sur l'itinéraire C.

Toutes les rampes d'une inclinaison égale ou supérieure à 5 0/0 ont été relevées avec détail, au moyen de l'éclimètre du colonel Goulier, dont l'exactitude atteint le $^1/_{1000}$. Toutefois, afin de ne pas compliquer outre mesure le graphique, M. Vallot a souvent groupé ensemble sous une indication moyenne plusieurs pentes successives présentant peu de différence; mais ceci n'a été fait que dans les parties faciles, tandis qu'au contraire les pentes successives ont été respectées dans les parties accidentées.

Enfin comme vérification, ces mesures ont été rattachées à tous les

(1) En tenant compte de la modification dont il vient d'être parlé.

repères trouvés sur les parcours et appartenant à différents nivellements, soit locaux soit généraux. Cependant, comme dans le département de Seine-et-Oise beaucoup de ces repères font défaut, ou ne sont pas munis de leurs chiffres, les cotes d'altitudes indiquées sur les profils ne peuvent pas prétendre à une exactitude *absolue*, mais les différences de niveau des points consécutifs peuvent être considérées comme suffisamment exactes pour qu'il n'en résulte aucune erreur

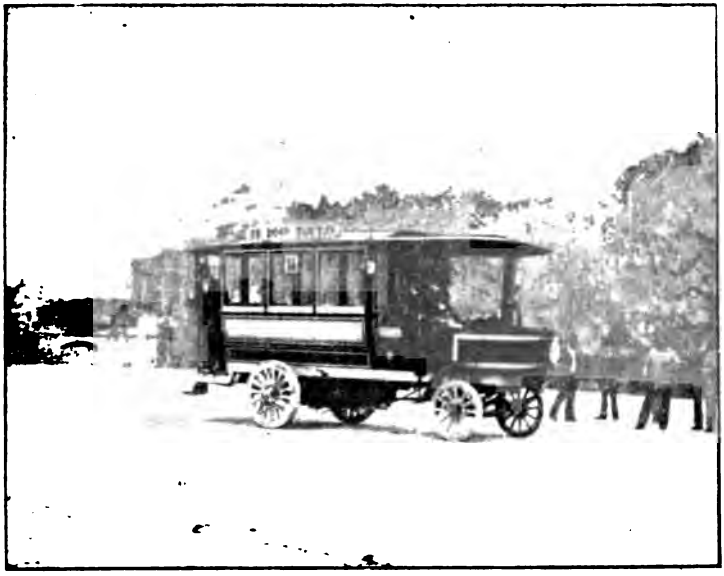


Fig. 2. — Omnibus de Dion et Bouton.

appréciable sur la valeur des inclinaisons moyennes entre ces points. Et c'était là le but à atteindre.

Nous ne saurions trop remercier ici M. Vallot du concours qu'il a bien voulu nous apporter. Nous attachons d'autant plus de prix à son travail qu'il nous permet de détruire les légendes qui s'étaient formées autour de la raideur de certaines rampes, celle du « Cœur volant », par exemple : en aucun point sa déclivité ne dépasse 10 %, alors que certaines personnes ne se faisaient pas faute de lui en attribuer une de 14 %.

En résumé, la première planche hors texte donne les profils géné-

raux des trois itinéraires établis par M. Ferney; la deuxième, que nous devons à l'obligeance de M. Vallot, donne avec exactitude le détail des points les plus intéressants des itinéraires A et B.

Nous espérons bien pouvoir réunir, d'ici au concours de 1898, assez de renseignements sur les trois itinéraires pour établir des profils exacts dans toutes leurs parties.

***

Une des conditions du programme était que les véhicules pussent effectuer 15 kilomètres au moins, sans prendre de ravitaillement (art. 7).

Sur les tracés ci-dessus énumérés, les distances entre points de ravitaillement étaient :

Pour le *trajet A :*

15 kilomètres entre Versailles et Noisy-le-Roi ;
12^{km} 500 entre Noisy-le-Roi et Saint-Cloud ;
14 kilomètres entre Saint-Cloud et Versailles.

Pour le *trajet B :*

17 kilomètres entre Versailles et la Porte-Maillot ;
14 kilomètres entre la Porte-Maillot et le Vésinet ;
15^{km} 500 entre le Vésinet et Versailles.

Pour le *trajet C :*

15^{km} 500 entre Versailles et Vaumurier ;
11^{km} 500 entre Vaumurier et Cernay-la-Ville ;
14^{km} 500 entre Cernay-la-Ville et Gif ;
10 kilomètres entre Gif et Palaiseau ;
15 kilomètres entre Palaiseau et Versailles.

Dans un service régulier de voyageurs ou de livraison de marchandises sur routes, les véhicules sont exposés à être arrêtés, soit pour laisser monter ou descendre un voyageur, soit pour livrer ou recevoir des marchandises. De plus, ils doivent pouvoir stopper, pour ainsi dire, sur place, pour éviter un obstacle qui surgit subitement au travers de leur route.

Pour mettre en évidence la puissance des moyens de freinage, il fallait, non seulement des arrêts prévus à l'avance sur des pentes comme il en existera forcément dans un service régulier, mais des arrêts commandés brusquement.

S'il importait que ces arrêts inopinés eussent lieu sur les pentes les plus prononcées du parcours, il était aussi nécessaire que des arrêts fussent prescrits sur les rampes, afin de s'assurer que le moteur était

assez puissant pour triompher des résistances d'un pareil démarrage. Autrement, pour obtenir un prix de revient assez faible, les constructeurs auraient pu être incités à n'employer qu'un moteur juste assez fort pour les démarrages en palier.

***

Le but du concours et surtout les moyens de le réaliser, proposés par la Commission, ont été critiqués. Mais le Comité a su maintenir

FIG. 3. — Omnibus PANHARD et LEVASSOR.

son programme; et la Commission d'exécution a eu le courage de résister aux récriminations et de s'en tenir aux itinéraires et conditions adoptés par elle à la demande de son secrétaire.

Le succès leur a donné complètement raison.

Le concours des Poids lourds a été suivi avec le plus grand intérêt.

Huit constructeurs avaient engagé 15 véhicules.

Si la vapeur, comme on le préjugeait, a été le moteur préféré par cinq des concurrents, le pétrole n'a pas été délaissé. Trois spécimens de moteurs de ce genre ont pris part au concours.

L'Administration militaire, toutes les grandes entreprises de transport parisiennes, la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, etc., avaient des représentants au concours; elles avaient délégué des Commissions ou des Ingénieurs qui ont successivement parcouru les divers trajets sur chacun des véhicules pour constater s'ils étaient en état de satisfaire à leurs besoins spéciaux. Des administrateurs de diverses entreprises de transport sont venus de Lyon, de la Tunisie, des îles Canaries, etc. Une députation du Liverpool-Council de la Self-Propelled traffic Association, des Ingénieurs anglais, américains et danois, ont également suivi, avec la plus grande assiduité, les épreuves du concours en prenant place dans les divers véhicules. Enfin, les représentants de la presse spéciale, française et étrangère, sont venus recueillir sur nos opérations, les éléments d'articles dont nous ne saurions trop les remercier, car nous leur devons, sans conteste, l'affluence des voyageurs qui, les derniers jours, ont envahi toutes les places dont nous pouvions disposer.

Ce succès est évidemment dû, d'abord à tous les membres de la Commission qui, dans les travaux préparatoires, ont rivalisé de zèle pour assurer la pleine exécution des vues du Comité, mais surtout au dévouement des commissaires qui n'ont reculé ni devant les fatigues physiques imposées par certains véhicules destinés au transport des marchandises, ni devant les ennuis de constatations arides (1).

Mais, il faut bien le reconnaître, le puissant intérêt qu'a offert le concours, tient à ce qu'il a eu lieu à l'heure précise où le public éprouvait le besoin de savoir si l'industrie de la traction mécanique était en mesure de lui offrir les moyens d'assurer les services réguliers de transport de voyageurs et de marchandises dont, partout, la nécessité se fait sentir.

***

En ce moment, en effet, dans tous les départements, les représentants autorisés des populations sont effrayés des lourdes charges qu'imposeront, pour de longues années, aux budgets départementaux au-

(1) Nous donnons plus haut (page 831), la liste des personnes qui avaient bien voulu accepter les fonctions de commissaire à bord des véhicules. Nous croyons devoir aussi rappeler que MM. Thévin et Houry ont assuré les points de ravitaillement sur les différents itinéraires et placé une partie des affiches qui servaient à indiquer aux concurrents les haltes à observer.

De son côté, M. Paul Meyan avait bien voulu se charger de placer les quarante affiches de l'itinéraire A. Il avait, en outre, fait gracieusement reproduire pour les membres de l'Automobile-Club le plan des itinéraires du concours.

tant qu'au budget de l'État, les chemins de fer sur routes, dits tramways, déjà établis, et ceux encore plus nombreux que les localités non encore desservies réclament au nom de la justice distributive. Cependant, on ne peut songer à refuser aux populations de compléter les mailles de nos voies ferrées d'intérêt général, par un réseau de lignes affluantes reliant leurs gares aux populations qui produisent ou consomment les marchandises : autant vouloir réduire un arbre à ses grosses racines et le priver de ses radicelles qui, seules, peuvent puiser dans le sol les fluides nourriciers dont il a besoin.

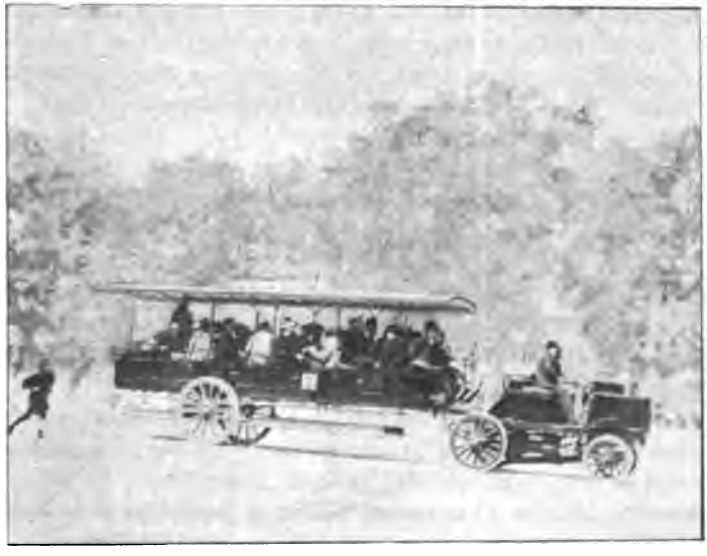


Fig. 4. — Pauline de Dion et Bouton.

Frappés par les résultats des courses de Paris-Bordeaux, Paris-Marseille, les Conseils généraux, autant que les populations, se sont pris à espérer que l'Automobilisme pourrait leur donner la solution économique du problème.

En effet, le capital de premier établissement se trouverait ainsi déchargé des frais de toute modification à l'assiette des routes ou chemins, et surtout des dépenses énormes d'acquisition et de pose des matériaux de la voie ferrée.

De leur côté, les entrepreneurs de transport se disent que, débar-

rassés des entraves d'un cahier de charges inhérentes à toute concession d'un monopole, ils conserveront, avec ce nouveau mode de locomotion, la pleine et entière liberté de leurs tarifs qui, seule, permet une exploitation réellement commerciale, en tenant compte des fluctuations de l'offre et de la demande résultant des saisons, des récoltes, des jours de marché et de foire, etc. Ils comptent surtout jouir de la grande ressource des commissions, sans avoir à donner des récépissés; dont, même réduit à 10 centimes, le timbre augmente notablement le coût du service rendu.

Il n'est pas jusqu'aux grandes entreprises de transport ou de camionnage, comme les Omnibus de Paris et les Compagnies de chemins de fer, qui, justement préoccupées des fluctuations du prix des fourrages, ne se demandent si la traction mécanique sur routes ne leur offrirait pas le moyen d'échapper à cet aléa en les débarrassant de la plus grande partie de leur trop nombreuse cavalerie.

Enfin, l'Administration de la Guerre, qui depuis longtemps a utilisé les tracteurs mécaniques pour assurer l'armement de certains forts où l'altitude exagérée rendait trop onéreuse la traction animale des lourds canons de forteresse, se préoccupe de savoir si, le cas échéant, elle ne pourrait pas, entre les gares et la première ligne des opérations militaires, assurer le transport de ses divers approvisionnements par des moteurs mécaniques disposés de manière à pouvoir s'appliquer momentanément au matériel existant.

En dehors de tous ces intéressés, qui étaient représentés au concours, il y avait aussi des techniciens qui, ayant suivi depuis longtemps les progrès de l'Automobilisme, se demandaient si les parcours choisis ne devaient pas mettre en lumière la supériorité de la vapeur sur le pétrole, en faisant valoir l'admirable élasticité d'efforts de la première.

***

Toutes ces causes réunies expliquent l'intérêt croissant avec lequel notre concours a été suivi par les professionnels autant que par le public, car, *au fur et à mesure que le nombre de kilomètres augmentait, sans diminution des vitesses moyennes, sans avaries notables des véhicules, sans accroissement des consommations, le problème des transports réguliers en commun apparaissait de plus en plus comme résolu.*

Les derniers jours, le nombre des places était insuffisant pour satisfaire les intéressés qui désiraient se rendre compte par eux-mêmes

de la manière dont chaque concurrent allait triompher des difficultés de la traction mécanique sur routes des véhicules lourds.

Ces difficultés sont nombreuses et de tout ordre. Elles suffisent, et au delà, à expliquer pourquoi, née avant la traction mécanique sur rails, la traction mécanique sur routes n'était pas, hier encore, prête pour les poids lourds, et ne l'est aujourd'hui que grâce aux progrès de toutes sortes que le cyclisme et l'automobilisme de course ont permis

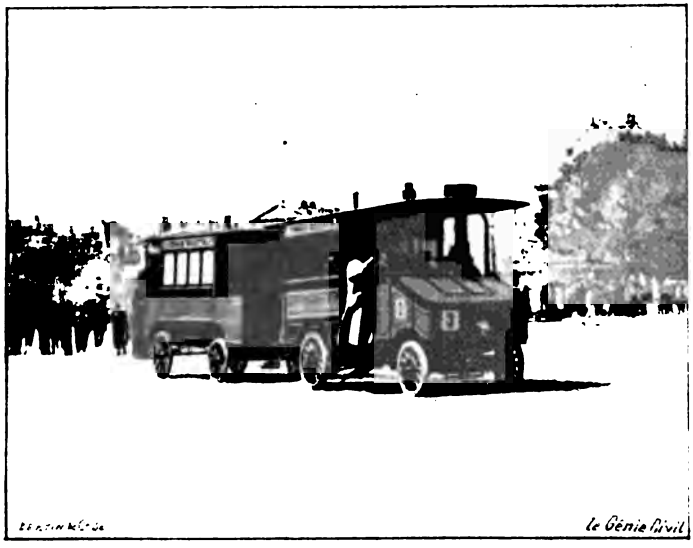


FIG. 5. — Train SCOTTE à voyageurs.

de réaliser dans les divers organes des moteurs et des véhicules eux-mêmes.

Pour être accessoires, ces derniers n'en jouent pas moins, dans le bon fonctionnement de l'ensemble, un rôle presque aussi important que le moteur.

Classification des véhicules.

Des quinze véhicules engagés, sept seulement ont résisté à toutes les épreuves du concours. Huit, pour des motifs divers, n'y ont pas pris part ou ont dû y renoncer ; nous ne croyons pas avoir à donner les noms de leurs constructeurs dans ce rapport.

Pour obéir à cette prescription de l'article 4 : « la Commission établira des catégories suivant les voitures engagées », nous grouperons les sept véhicules du concours de la manière suivante, selon l'ordre de leurs engagements dans chaque groupe :

I. — Transport public des voyageurs.

1° Véhicules automoteurs.

Première catégorie, *à vapeur :*

(N° 2) Omnibus SCOTTE ;

(N° 14) Omnibus de DION et BOUTON.

Deuxième catégorie, *à pétrole :*

(N° 10) Omnibus PANHARD et LEVASSOR.

2° Véhicules à bogie moteur.

(N° 13) Pauline de DION et BOUTON *(à vapeur).*

3° Véhicules automoteurs en remorquant d'autres.

(N° 3) Train à voyageurs SCOTTE *(à vapeur).*

II. — Transport des marchandises.

1° Véhicules automoteurs.

(N° 8) Camion de DIETRICH *(à pétrole).*

2° Véhicules automoteurs en remorquant d'autres.

(N° 2) Train à marchandises SCOTTE *(à vapeur).*

Comme on le voit, les voitures de livraison n'ont pas figuré au concours. Pour les professionnels, il est certain qu'un véhicule destiné au transport des voyageurs peut être facilement transformé en voiture de livraison, sans avoir à modifier le moteur ni ses transmissions. Cependant, nous regrettons qu'un scrupule, né d'une prescription insérée dans le programme pour empêcher le concours de servir à la réclame d'une raison commerciale, ait empêché une voiture de ce genre de prendre part au concours. L'intérêt avec lequel

le public, massé sur la place d'Armes de Versailles, suivait les évolutions d'une voiture des Grands Magasins du Louvre, que son service régulier y amenait chaque jour, nous fait vivement désirer que, l'année prochaine, cette lacune soit comblée.

De même, le tracteur à bogie de la Pauline (n° 13) pouvait aussi bien remorquer un camion chargé d'une lourde charge indivisible. On aurait pu ainsi comparer le train à marchandises Scotte, apte au

FIG. 6. — Camion de DIETRICH.

transport des marchandises dont partie est placée sur le remorqueur porteur pour lui donner l'adhérence nécessaire, avec le tracteur de Dion et Bouton, pour lequel l'adhérence résulte de la partie de la charge utile et du poids mort du camion remorqué qui repose sur la couronne arrière du tracteur. La Pauline a eu cependant un tel succès auprès du public que nous n'avons pas le courage d'exprimer le regret de cette utilisation du tracteur-bogie.

Prix de revient.

Avant de faire connaître pour chacun de ces sept véhicules les constatations relevées par les Commissaires et le prix de revient de la tonne-kilomètre ou du voyageur-kilomètre que la Commission en a déduit, il nous reste à expliquer quelle marche nous avons adoptée pour ce calcul.

Des constatations kilométriques des commissaires, nous avons déduit la vitesse moyenne commerciale, c'est-à-dire celle qui correspond aux divers incidents du service du véhicule. Cette vitesse moyenne correspond à un nombre de kilomètres susceptibles d'être parcourus dans une journée de 10 heures, par exemple.

Le poids total circulant sur chaque parcours, multiplié par la longueur du trajet, donne le nombre de tonnes-kilomètres qui, rapproché de la consommation totale en coke ou pétrole et eau, permet de déterminer le poids du combustible et le volume de l'eau nécessaires au transport d'une tonne kilométrique.

Ceci obtenu, pour avoir le prix de revient, il faut ajouter à la dépense du combustible celle résultant du personnel, l'intérêt, l'amortissement du capital d'acquisition, puis les frais d'entretien ainsi que les grosses réparations du véhicule.

***

Détermination de la vitesse commerciale. — On la calcule généralement en divisant par le nombre de kilomètres parcourus, le temps écoulé entre le départ et l'arrivée. C'est la vitesse moyenne à laquelle le transport est réellement effectué. C'est celle qui seule intéresse, non pas l'Ingénieur, mais le public transporté ou l'expéditeur qui confie sa marchandise à un entrepreneur de transports.

Si donc les arrêts constatés dans le concours n'avaient été dus qu'à des incidents analogues à ceux de l'exploitation courante, rien n'était plus simple que de calculer la vitesse commerciale.

Il n'en a pas été ainsi. Certains véhicules se sont arrêtés pour laisser à leurs voyageurs le temps de bien déjeuner. D'autres ont cru devoir leur imposer un jeûne plus ou moins prolongé, afin d'arriver plus vite. Quelques-uns ont stoppé devant des passages à niveau fermés. Quelques autres ont commis des erreurs de route, bien naturelles sur des itinéraires parcourus pour la première fois.

Pour pouvoir nous rendre compte, sinon des mérites relatifs de chacun des véhicules, mais tout au moins du nombre de kilomètres que chacun d'eux pouvait pratiquement parcourir dans un service régulier, nous avons cru devoir adopter la règle suivante, qui nous paraît équitable :

De la durée totale du parcours, on retranchera tous les temps : 1° D'arrêt aux divers points de ravitaillement; 1° De stationnement

FIG. 7. — Train SCOTTE à marchandises.

aux passages à niveau fermés ou d'arrêts dus à l'encombrement de certaines voies; 3° De parcours erronés.

On voit que nous n'avons rien déduit pour tous les arrêts dus à des réparations de petites avaries survenues en cours de route ou à des incidents analogues à ceux que les véhicules rencontreraient forcément dans un service régulier.

A la durée ainsi réduite, on ajoute :

1° Dix minutes par chaque ravitaillement nécessaire au véhicule, d'après sa consommation et la quantité de ses approvisionnements;

2° Deux minutes pour chaque arrêt réglementaire brûlé, afin que

cette inobservation du règlement ne puisse avantager les contrevenants.

On a ainsi obtenu la durée commerciale du trajet.

La longueur kilométrique du parcours, divisée par la durée commerciale, nous a donné ce que nous appelons la *vitesse commerciale*.

En comparant les vitesses commerciales de chaque véhicule sur chacun des itinéraires du concours, — vitesses qui sont loin d'être constantes, — nous n'avons pas cherché à déduire une vitesse moyenne. Nous avons préféré déterminer les limites entre lesquelles, dans la pratique, cette vitesse oscillerait.

Comme, d'un autre côté, il faut tenir compte de ce que les conducteurs connaissaient insuffisamment les itinéraires, et aussi de ce que ceux-ci étaient, intentionnellement, assez durs, nous avons, dans le calcul du prix de revient, admis qu'en service régulier on réaliserait facilement la limite supérieure ainsi trouvée pour la vitesse commerciale.

***

Calcul du travail effectué. — Nous avons d'abord recherché le travail total accompli par chaque moteur pour chacune des journées. Pour cela, nous avons pris le poids total du véhicule (poids à vide, approvisionnements en eau et combustible, outils, conducteur-mécanicien et chauffeur, charge utile transportée).

En ce qui concerne les approvisionnements, étant donné que, théoriquement, ils sont presque en entier consommés lorsqu'on arrive à un point de ravitaillement, nous n'avons compté que la moitié de leur poids.

Le poids total du véhicule considéré par nous n'est donc, en réalité, qu'un poids total moyen.

En multipliant ce poids exprimé en tonnes, par la distance en kilomètres réellement parcourue, c'est-à-dire en tenant compte des erreurs de trajet, nous avons obtenu un nombre de tonnes kilométriques qui est l'expression du travail de transport effectué par le moteur.

En divisant la quantité de combustible consommée pendant les six jours, par la somme des tonnes kilométriques des six parcours, nous obtenons la consommation moyenne de combustible nécessaire pour une tonne kilométrique.

Un calcul analogue nous a donné la consommation d'eau moyenne pour la même unité de transport.

En remplaçant, dans les calculs précédents, la charge totale par la charge utile, exprimée en tonnes, nous avons obtenu la consommation moyenne du combustible et de l'eau nécessaires au transport d'une tonne kilométrique de charge utile, d'où il est facile de déduire la consommation correspondante à un voyageur avec ou sans bagages (1).

Le rapprochement des deux consommations de combustible et d'eau pour un moteur à vapeur fournit un renseignement précieux sur l'utilisation du pouvoir calorifique du combustible.

***

Calcul du prix de revient. — Pour remplir le but essentiel du concours, nous avons à faire ressortir le prix de revient du transport d'une tonne ou d'un voyageur à un kilomètre avec chacun des véhicules engagés.

Pour les calculs nous avons admis que, dans un service régulier, les dépenses se partageraient en deux groupes :

Les unes ne variant guère avec la plus ou moins bonne utilisation du matériel, comme l'intérêt et l'amortissement du capital d'achat, le salaire du personnel, le combustible pour l'allumage, le graissage et les chiffons, les frais généraux. Dans cette catégorie, faute de pouvoir les évaluer rigoureusement, nous avons cru devoir comprendre, à raison de 10 °/₀ du capital, la réparation et l'entretien du matériel, bien qu'en réalité ces dépenses spéciales soient fonction de l'intensité du trafic ;

Les autres essentiellement variables et dépendant du travail effectué. Telles sont les consommations de combustible et d'eau.

Pour les évaluer, après avoir déterminé, à raison de sa vitesse commerciale moyenne, le nombre de kilomètres que le véhicule peut parcourir dans la journée (supposée de 10 heures), nous avons calculé à combien de tonnes kilométriques totales correspondait ce trajet, suivant que le véhicule circulait avec :

a) $^1/_3$ de charge utile ;
b) $^2/_3$ de charge utile ;
c) pleine charge.

(1) Nous avons admis qu'un voyageur avec bagages représentait, en moyenne, 100 kilogr., c'est-à-dire, nous avons compté dix voyageurs avec bagages pour une tonne. Pour les voyageurs sans bagages, supposés peser, en moyenne, 70 kilogr., nous en avons compté quatorze à la tonne.

En appliquant à chacun de ces nombres, les coefficients de consommation déterminés comme il a été dit ci-dessus, nous avons obtenu les quantités de combustible et d'eau nécessaires, puis, en y appliquant des prix convenus, les dépenses correspondantes.

Celles-ci, ajoutées aux dépenses fixes, ont donné les dépenses totales de la journée afférentes aux trois hypothèses ci-dessus.

Enfin, en divisant les dépenses totales par le nombre de tonnes kilométriques utiles correspondantes, nous avons obtenu le prix de transport de la tonne kilométrique utile, et celui du transport à 1 kilomètre d'un voyageur avec ou sans bagages.

***

Il est essentiel de remarquer que tous nos calculs et estimations ne s'appliquent qu'au cas de véhicules placés dans des conditions de liberté d'allure identiques à celles où ils ont fonctionné pendant le concours. Si donc l'on voulait par trop généraliser nos conclusions sans s'inquiéter des conditions particulières de chaque application, on risquerait peut-être de commettre de grossières erreurs.

COMPTE RENDU DES CONSTATATIONS DU CONCOURS

I. — TRANSPORT PUBLIC DES VOYAGEURS

1° Véhicules automoteurs.

PREMIÈRE CATÉGORIE : VOITURES A VAPEUR

Omnibus à vapeur Scotte (n° 1).

Cet omnibus à vapeur, qui portait le n° 1 comme ordre d'inscription, a été construit et présenté par la Société des Chaudières et Voitures à vapeur système Scotte (1).

But, charge utile, prix. — L'omnibus à vapeur Scotte, a été établi en vue du transport en commun des voyageurs avec bagages et des menues messageries.

Il peut recevoir 12 voyageurs, tous assis à l'intérieur, et leurs bagages.

Les bagages et messageries sont placés sur le dessus de la voiture où ils sont retenus par une galerie.

D'après les constructeurs, la vitesse peut atteindre 14 kilomètres en palier sur bonne route ; elle est réduite à 7 kilomètres sur les fortes rampes.

Ce véhicule, dont la charge utile est de 1 200 kilogr., peut être livré au prix de 22 000 francs.

Description sommaire. — Comme on le voit sur les figures 8 et 9 ci-jointes, l'omnibus Scotte se compose d'une caisse fermée, d'une petite plate-forme à l'arrière et d'un compartiment formant avant-bec ; le tout est fixé sur un châssis reposant sur les essieux par l'intermédiaire de ressorts.

A l'avant du véhicule et un peu en arrière des roues directrices se trouve la chaudière ; elle n'est pas dans l'axe longitudinal, mais plus à gauche. A droite est placé le moteur, du type pilon.

Le mécanicien-conducteur et le chauffeur sont assis. Le premier a

(1) Siège social à Paris, 56, rue de Provence.

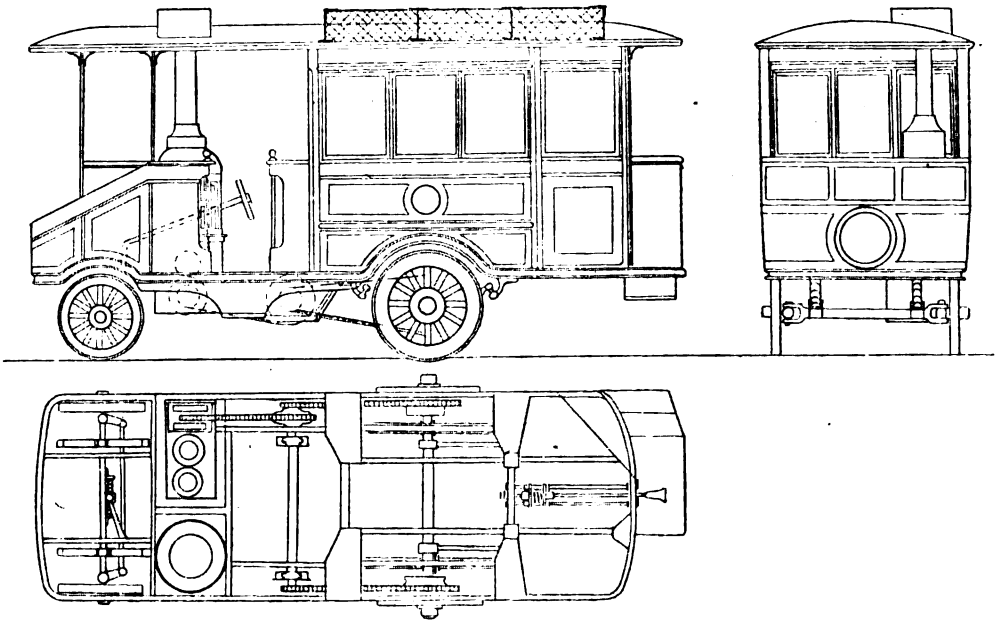


FIG. 8. — Élévation longitudinale, vue en bout et plan de l'Omnibus SCOTTE.

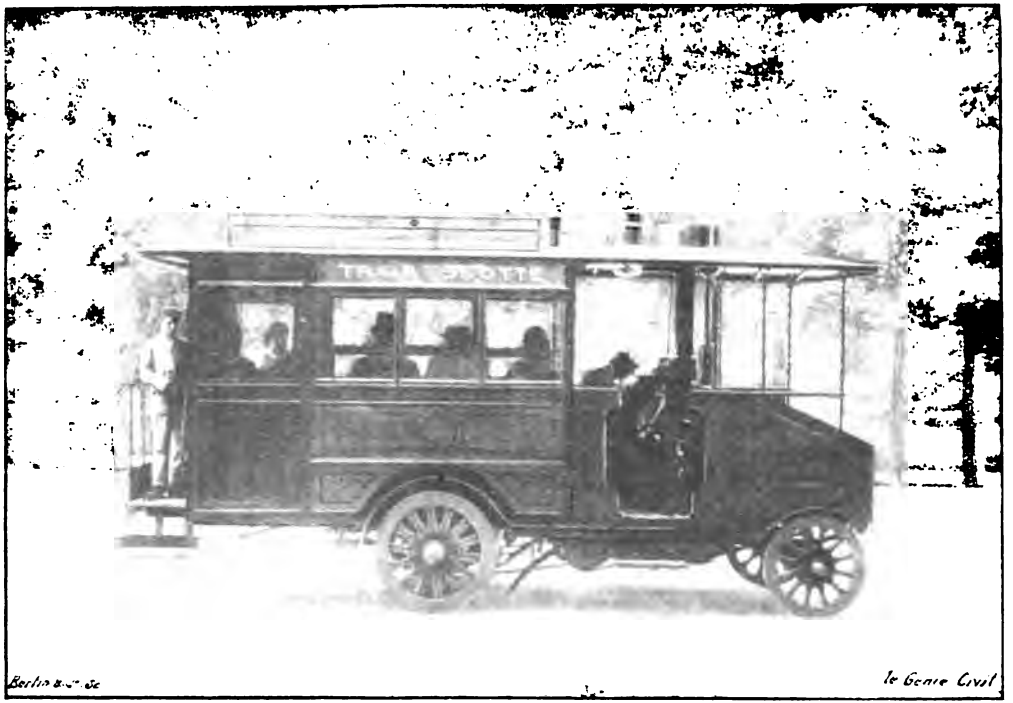


FIG. 9. — Omnibus SCOTTE.

devant lui le moteur, dont il peut surveiller le fonctionnement, et toute une série d'oléomètres qui, au moyen de petits tubes de cuivre, assurent le graissage du moteur et de la transmission. Il a sous la main la prise de vapeur, le changement de marche, les freins et enfin le volant de direction. Le chauffeur a sous les yeux les divers appareils dont est munie la chaudière (niveau, manomètre, etc.); devant lui, à ras du plancher, se trouve l'ouverture de la soute à coke et, à côté, la porte du foyer de la chaudière.

En dessous du châssis sont fixés les divers arbres et organes de la transmission du mouvement alternatif du piston aux roues motrices.

On a ménagé dans l'avant-bec une soute à coke. Sous le siège se trouve un tiroir pour les accessoires. Les caisses à eau sont disposées sous les banquettes des voyageurs.

Répartition des poids. — Le tableau suivant indique la façon dont la charge se répartit sur les essieux :

POIDS			ROUES AVANT (DIRECTRICES)	ROUES ARRIÈRE (MOTRICES)	TOTAUX
			kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide			2 310	1 890	4 200
En ordre de marche, savoir :	Eau	700	2 560	2 690	5 250
	Coke	100			
	Mécanicien	70			
	Chauffeur	70			
	Outils, huiles, etc	110			
Charge utile			»	1 200	1 200
Avec charge utile			2 560	3 890	6 450

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{1\,200}{5\,250} = 0{,}229.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{1\,200}{6\,450} = 0{,}186.$$

Roues. — Les indications concernant les roues sont résumées dans le tableau suivant :

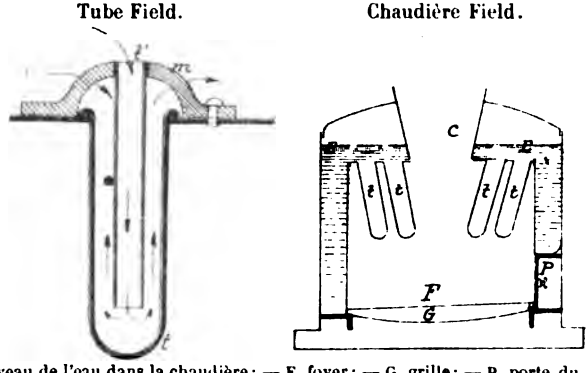
	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE
Diamètre extérieur	770 millim.	900 millim.
Largeur des bandages	70	100
Voies d'axe en axe des bandages	1 700	1 750

La distance entre les deux essieux (empattement) est de 2m 850.
Les roues sont en bois, avec moyeux métalliques.

Encombrement. — La largeur de la voiture, toutes saillies comprises, est de 1m 70. Sa longueur totale est de 5m 20, se décomposant ainsi :

Chaudière, machine, charbonnier . . . . . Mètres.	1,50
Mécanicien-chauffeur	0,75
Caisse (intérieur)	2,95
LONGUEUR TOTALE . . Mètres.	5,20

Chaudière. — La chaudière est du système Field amélioré. Son poids



E E, niveau de l'eau dans la chaudière; — F, foyer; — G, grille; — P, porte du foyer; — C, cheminée traversant la chaudière; — *tt*, tubes pleins d'eau plongeant dans le foyer; — *m*, armature maintenant le tube *t'* dans l'intérieur du tube *t*.
Les flèches indiquent le trajet de l'eau de la chaudière circulant dans les tubes *t'* et *t*.

FIG. 10. — Schéma de la chaudière Field (1).

à vide est de 400 kilogr.; celui de l'eau, 50 kilogr. Elle est timbrée à 12 kilogrammes.

La surface de la grille est de 0m2 130.

(1) Les constructeurs n'ayant pu nous fournir un croquis de leur chaudière, nous donnons ici un schéma de la chaudière Field pour permettre d'en saisir au moins le principe.

Le temps nécessaire pour la mise en pression est de 35 minutes environ. Un souffleur permet d'obtenir un tirage forcé.

Il existe une pompe sur la machine ainsi qu'un petit cheval d'alimentation.

Machine. — Le moteur est du type pilon. Il est muni de deux cylindres verticaux, à double effet, d'un diamètre de 0^m110 et d'une course de 0^m115.

Le nombre de tours à la minute est de 400. A cette vitesse, la puissance développée est de 14 chevaux.

Une enveloppe en métal empêche les projections de l'huile de graissage et protège un peu le moteur contre les poussières. Le démontage de cette enveloppe est presque instantané et permet très commodément la visite complète de la machine.

La distribution et le changement de marche n'offrent rien de particulier; ils sont assurés par un jeu d'excentriques et de coulisses.

En marche normale, l'admission a lieu pendant 35 % de la course motrice. Elle peut atteindre 75 % au démarrage et dans un coup de collier.

Le poids du moteur est de 270 kilogrammes.

La vapeur s'échappe dans la cheminée de la chaudière; là, elle entraîne les gaz chauds de la combustion qu'elle active de la sorte. De plus, la vapeur se trouvant réchauffée par ce mélange, il en résulte qu'en général, on ne voit pas de panache de vapeur.

La cheminée débouche, au-dessus du toit de la partie avant, dans une sorte de boîte métallique destinée à arrêter les escarbilles.

Transmission. — L'arbre moteur communique son mouvement à un arbre auxiliaire placé au-dessous, au moyen de l'un ou l'autre de deux systèmes de pignons, de sorte qu'on peut obtenir deux rapports de vitesse, correspondant (pour 400 tours par minute du moteur) à 7 et 14 kilomètres pour le véhicule.

L'arbre auxiliaire transmet par une chaîne son mouvement à l'arbre du différentiel, placé plus en arrière sous le châssis.

Enfin, l'arbre du différentiel porte à chaque extrémité un pignon qui, par une chaîne, fait tourner la roue correspondante du véhicule.

Ces roues n'ont pas de carrossage.

Direction. — Les roues avant sont montées sur des pivots verticaux portés par l'essieu. Le conducteur a devant lui un volant de direction à arbre incliné. Par l'intermédiaire d'un arbre vertical formé

de deux parties coulissant l'une dans l'autre, il fait tourner une vis horizontale fixée sur l'essieu d'avant. Sur cette vis se déplace un écrou fixé à l'extrémité d'une bielle qui transmet enfin son mouvement à une tige horizontale reliant deux bras qui, solidaires des fusées des roues, permettent de les braquer.

Freinage. — Les roues motrices peuvent être enrayées au moyen de sabots dont le serrage est obtenu soit par la manœuvre d'une vis, soit par celle d'une pédale agissant sur deux colliers enroulés autour des moyeux (système Lemoine). La contre-vapeur peut également être utilisée.

Il y a, en outre, une béquille ou chambrière qui s'oppose à tout recul intempestif sur une déclivité.

Renseignements généraux. — Les pièces principales sont en acier et les coussinets en bronze. Toutes les pièces sont remplaçables par d'autres fabriquées à l'avance et livrables de suite sur commande.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES (*Omnibus Scotte*).

DATES	ITINÉRAIRES A	ITINÉRAIRES B	ITINÉRAIRES C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
5 août 1897.	»	1 100	»	La charge normale de ce véhicule est de 12 voyageurs avec bagages, soit 1 200 kilogrammes.
6 —	»	»	1 190	
7 —	1 200	»	»	
9 —	»	1 170	»	
10 —	»	»	1 110	
11 —	1 130	»	»	

RENSEIGNEMENTS SUR LA CHAUDIÈRE ET LE MOTEUR (*Omnibus Scotte*).

SURFACE DE LA GRILLE	PUISSANCE	COKE BRULÉ A L'HEURE par mètre carré de grille	POIDS DE L'EAU vaporisée par kilogr. de coke	DURÉE DE LA MISE en pression	CONSOMMATION pour L'ALLUMAGE
m²	ch.-vapeur	kilogr.	kilogr.	minutes	kilogr.
0,13	14	330	5,5	38	Bois. . . . 10 Coke . . . 25

Éléments de la vitesse commerciale *(Omnibus Scotte)*.

DATES	HEURES DE DÉPART	HEURES D'ARRIVÉE	DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS COMMANDÉS	NOMBRE DES ARRÊTS BRULÉS	NOMBRE DES ARRÊTS INCIDENTS DIVERS	DURÉE des ravitaillements et déjeuners.	DURÉE des arrêts indépendants du véhicule.
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
Itinéraire A									
11 août.	10 12	11 26	13 »	1 14	11	»	»	16	»
	11 42	12 57	12,500	1 15	12	»	»	1 41 (*a*)	»
	2 38	3 50	14 »	1 12	11	1	»	»	»
			41,500	3 41					
7 août.	10 12	11 23	13 »	1 11	11	»	»	16	»
	11 39	12 46	12,500	1 7	12	»	»	1 37 (*a*)	»
	2 23	3 40	14 »	1 17	12	»	»	»	»
			41,500	3 35					
Itinéraire B									
5 août.	10 47	11 50	17 »	1 3	4	»	»	43 (*a*)	»
	12 33	1 33	14 »	1 »	2	»	»	29	»
	2 2	3 28	15,500	1 26	4	»	1	»	1 30 (*d*
			46,500	3 29					
9 août.	10 »	11 »	17 »	1 »	4	»	»	1 21 (*a*)	»
	12 21	1 38	14 »	1 17	2	»	1 (*b*)	22	»
	2 »	3 41	15,500	1 41	4	»	2 (*c*)	»	»
			46,500	3 58					
Itinéraire C									
6 août.	9 9	10 31	15,500	1 22	1	»	»	30	»
	11 1	1 23	14,500	2 22	1	»	1	11	1 17 (*i*)
	1 34	2 32	14,500	0 58	1	»	»	14	»
	2 46	3 35	10 »	0 49	1	»	1 (*e*)	11	2
	3 46	5 44	15 »	1 58	1	»	3 (*f*)	»	»
			66,500	7 29					
10 août.	8 38	10 8	15,500	1 10	1	»	»	12	»
	10 20	11 23	14,500	1 3	1	»	1 (*g*)	1 36 (*h*)	»
	12 39	2 »	14,500	1 1	1	»	»	15	»
	2 15	3 3	10 »	0 48	1	»	»	10	»
	3 13	4 32	15 »	1 19	1	»	»	»	»
			66,500	5 21					

(*a*) Déjeuner.
(*b*) 8 minutes. Avarie à la direction, résultant du passage dans un caniveau par suite d'une erreur de route.
(*c*) Un arrêt de 3 minutes dans le Cœur-Volant pour remonter la pression et un de 3 minutes près de Rocquencourt pour rattacher la chaîne de la chambrière.
(*d*) Embarras de voitures.
(*e*) 2 minutes ont été perdues pour erreur de route.
(*f*) On a consacré 29 minutes à regarnir le presse-étoupe d'un des cylindres et à retendre la chaîne.
(*g*) Dans la montée du Bois Saint-Robert, 2 minutes ½ d'arrêt pour décrasser le feu et remonter la pression.
(*h*) Le 10 août, on a déjeuné au ravitaillement.
(*i*) On est resté 1 h. 17 au Chalet Léopold pour déjeuner avant le ravitaillement à Cernay.

Calculs de la Commission.

ÉLÉMENTS DU CALCUL DU PRIX DE REVIENT *(Omnibus Scotte)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL au départ $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\ moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN $P_{t\ moy.} = U + P_{m\ moy}$	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de la CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\ moy.}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. de la charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$	POIDS DE L'EAU vaporisée pour 1 kilogr. de coke	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. de charge utile
fr.	ch.-vap.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
22 000	14	10,5 à 11	1 200	5 250	6 450	4 850	6 050	432	3 890	0,60	0,20	0,62	3,10	5,5	3,41	17,05

Prix de revient kilométrique du transport du voyageur avec ou sans bagages *(Omnibus Scotte)*.

1° *Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.*

Matériel. . . .	Prix : 22 000 francs.			
	Intérêt à 6 °/₀.	1 320 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an	Fr.	4,40
	Amortissement, entretien et réparations (15 °/₀) .	3 300 — — —		11 »
Personnel. . .	Conducteur-mécanicien .	200 francs par mois, soit pour une journée, à raison de 25 jours par mois		8 »
	Chauffeur.	75 — — —		3 »
Allumage				1,10
Chiffons, graissage, etc..				1,70
		TOTAL	Fr.	29,20
Frais généraux 10 °/₀.				2,92
		DÉPENSE JOURNALIÈRE FIXE.	Fr.	32,12

2° *Dépenses variables avec la charge et Prix de revient*

Parcours journalier : 110 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	COKE CONSOMMÉ		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS
		POIDS	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	COKE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES		Voyageur-kilomètre avec bagages, ou 100 kilogr. de messageries	Voyageur-kilomèt. sans bagages	
»		kilogr.	fr.	litres	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	
¹/₄ de charge. . .	577	358	12,53	1 968	3,94	16,47	32,12	48,59	44	0,110	0,079	On compte, par tonne, 14 voyageurs sans bagages et 10 voyageurs avec bagages.
²/₄ de charge. . .	621	385	13,47	2 118	4,24	17,71	32,12	49,83	88	0,057	0,040	
Charge entière . .	665	412	14,42	2 268	4,54	18,96	32,12	51,08	132	0,039	0,028	

Omnibus à vapeur de Dion et Bouton (n° 14).

Cet omnibus à vapeur, qui était inscrit sous le n° 14, a été construit et présenté par MM. de Dion et Bouton, Ingénieurs-constructeurs (1).

But, charge utile, prix. — L'omnibus à vapeur de Dion et Bouton a été établi en vue du transport en commun des voyageurs et de leurs bagages ou des menues messageries.

Il peut recevoir 16 voyageurs, dont 12 à l'intérieur et 4 sur la plate-forme arrière.

Les bagages et messageries sont placés sur le dessus de la voiture où ils sont retenus par une galerie.

La vitesse peut atteindre 20 kilomètres à l'heure en palier ; elle est réduite à 14 kilomètres sur les fortes rampes.

Cet omnibus, avec deux places de plus à l'intérieur, pourra être livré au prix de 22 000 francs.

Description sommaire. — Comme on le voit sur la figure 11 ci-après, cet omnibus se compose d'une plate-forme et d'une caisse fermée à l'avant de laquelle se trouvent le siège du conducteur et la chaudière.

Le tout est fixé sur un châssis métallique reposant sur les essieux par l'intermédiaire de ressorts.

En dessous du châssis, entre les deux essieux, se trouve le carter renfermant le moteur à vapeur de 25 chevaux, composé de deux cylindres compound, ainsi que la transmission aux roues motrices.

Celles-ci, folles sur l'essieu arrière, sont entraînées par un dispositif spécial dont nous parlerons plus loin.

Le siège du conducteur reçoit également le chauffeur. On a ménagé sur l'avant de la voiture une soute pour le coke; dans la partie droite de cette soute se trouve aussi un réservoir contenant une provision d'huile.

Sous le siège se trouvent un tiroir pour les accessoires ainsi que l'appareil destiné à assurer automatiquement le graissage des cylindres.

Les caisses à eau sont placées sous les banquettes de l'intérieur.

---

(1) Rue Ernest, n° 12, à Puteaux (Seine).

Répartition des poids. — Le tableau ci-dessous indique la répartition de la charge sur les essieux :

POIDS			ROUES AVANT (DIRECTRICES)	ROUES ARRIÈRE (MOTRICES)	TOTAUX
			kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide			»	»	4 290
En ordre de marche, savoir :	Eau	450	1 680	3 360	5 040
	Coke	120			
	Mécanicien	70			
	Chauffeur	70			
	Divers	40			
Charge utile			280	840	1 120 (1)
Poids total			1 960	4 200	6 160

(1) Théoriquement, l'omnibus étant construit pour prendre 16 voyageurs et leurs bagages, la charge utile devait être de 1 600 kilogr. ; mais pendant le concours, la charge utile n'a été que de 16 × 70 kilogr. = 1 120 kilogrammes.

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{1\,120}{5\,040} = 0{,}222.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{1\,120}{6\,160} = 0{,}181.$$

Roues. — Les indications relatives aux roues sont résumées dans le tableau suivant :

	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE
Diamètre moyen des fusées	44 millim.	88 millim.
Diamètres extérieurs des roues	800	1 000
Largeur des bandages	90	100
Voies d'axe en axe des bandages	1 800	1 800
Poids des roues	60 kilogr.	100 kilogr. (1)

(1) Avec les entraîneurs.

FIG. 11. — Omnibus de DION et BOUTON.

La distance entre les deux essieux (empattement) est de 3m 10.

Les roues sont en bois, avec moyeu métallique (1).

La hauteur du plancher au-dessus du sol (omnibus chargé), est de 0m 85.

Encombrement. — La largeur de la voiture, toutes saillies comprises, est de 2 mètres.

Sa longueur totale est de 6m 35, se décomposant ainsi :

Partie occupée par la chaudière et les appareils de direction . . . . . Mètres.	1,50
Partie occupée par le siège du mécanicien et du chauffeur	0,45
Partie occupée par le public (0m50 de largeur moyenne par place).	3,30
Plate-forme.	1,10
LONGUEUR TOTALE. . . . . Mètres.	6,35

Chaudière. — Le générateur de vapeur est du système de Dion et Bouton.

Il se compose essentiellement de deux corps annulaires dont le plus petit est à l'intérieur du plus grand, auquel il est relié par 500 tubes en acier légèrement inclinés (fig. 12).

La vapeur se dessèche complètement en passant par un tube en serpentin qui entoure le foyer.

Poids à vide. . . . . Kilogr.	400
— de l'eau	60
— du coke	20
POIDS EN ORDRE DE MARCHE. . . . Kilogr.	480

La chaudière est timbrée à 14 kilogrammes.

La surface de la grille est de 0m2 18, et la surface de chauffe de 5m2 60.

La surface du surchauffeur est de 0m2 500.

Eau vaporisée à 14 kilogr. par 1 kilogr. de coke. Kilogr.	6
— — en une heure	350

(1) Dans ces roues, comme dans les roues des voitures ordinaires, les rais sont disposés suivant les génératrices d'un cône évasé ayant un angle au sommet de 170°. Ces rais reposent normalement sur le sol par suite de l'inclinaison sur l'horizontale des fusées de l'essieu. Ils sont engagés dans un moyeu en bronze où ils sont serrés les uns contre les autres par 8 boulons.

Les roues motrices sont entraînées par 4 doubles branches extérieures en acier forgé calées au centre sur l'arbre moteur et fixées à leur extrémité à la jante (entraîneurs).

Le temps nécessaire pour la mise en pression est de 30 minutes.
Un souffleur permet d'obtenir un tirage forcé.

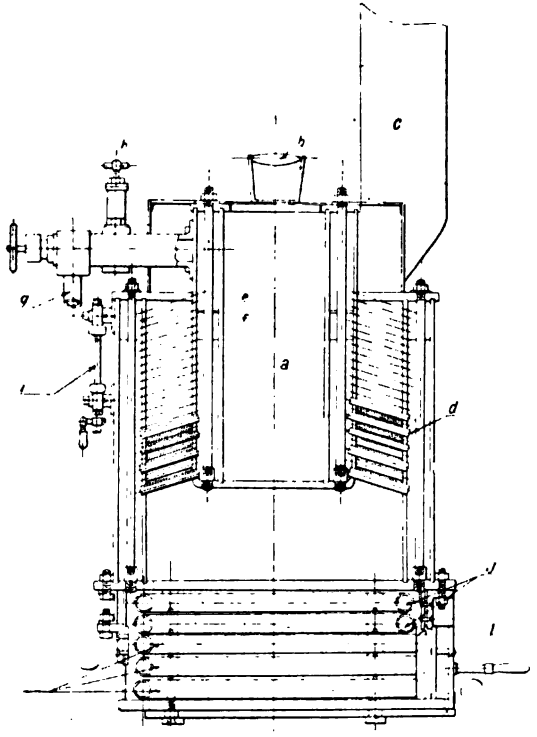


FIG. 12. — Chaudière de l'Omnibus de DION et BOUTON.

LÉGENDE :

a, tube central;
b, couvercle du foyer;
c, cheminée;
d, tubes bouilleurs;
e, diaphragme;
f, niveau de l'eau;
g, prise de vapeur;
h, soupapes;
i, niveau d'eau;
l, porte de décrassage.
j, surchauffeur d'admission;
k, surchauffeur d'échappement;

La conduite du feu est des plus faciles ; il suffit de maintenir pleine de coke la trémie centrale.

Une pompe et un Giffard assurent l'alimentation en eau.

Machine. — Le moteur est horizontal, du type compound (fig. 13). Il développe 25 chevaux à la vitesse de 600 tours à la minute.

Les deux manivelles sont calées à 90°, de sorte qu'un des pistons est

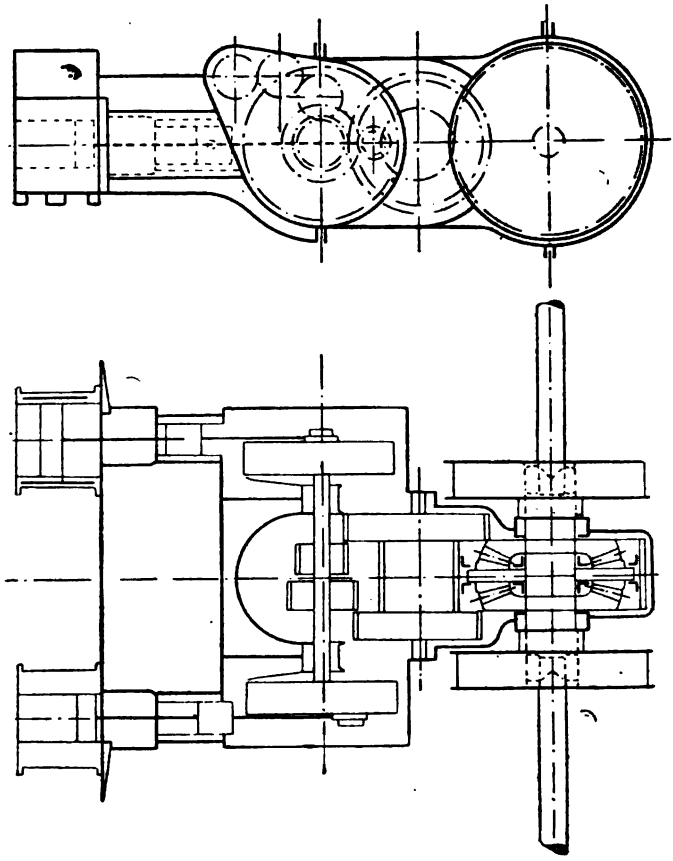


FIG. 13. — Schéma de la machine de l'Omnibus de DION et BOUTON.

au milieu de sa course alors que l'autre est à la fin. Ce dispositif donne plus de régularité à la marche et facilite les démarrages.

Du reste, une valve spéciale, dite dépiqueur, en faisant travailler les deux cylindres à haute pression, permet à la machine de donner un véritable *coup de collier* très énergique, dont la durée ne dépend que de la tenue de la pression dans la chaudière.

Le diamètre du cylindre à haute pression est de 0m 100 ; celui du cylindre à basse pression est de 0m 190. La course des pistons est de 0m 170.

Toutes les pièces en mouvement du moteur sont enfermées dans un vaste carter en fonte, qui sert en même temps de bâti. Le graissage de toutes ces pièces est assuré par simple barbottage, au moyen d'une certaine quantité d'huile qu'on met chaque jour dans le carter.

Deux grandes flasques latérales du carter peuvent s'enlever, et alors le moteur devient assez accessible. Un grand couvercle, placé sur

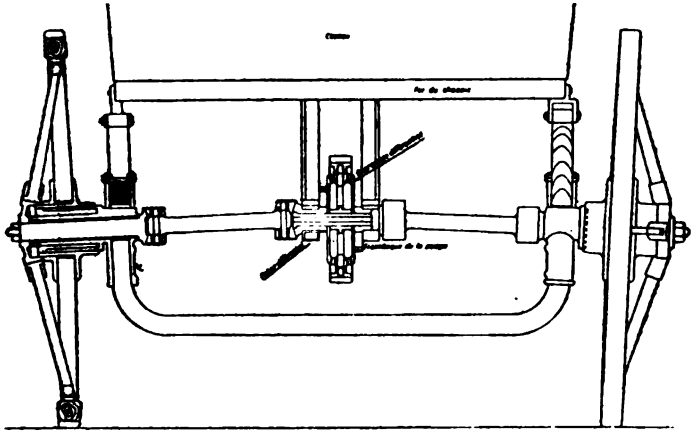


Fig. 14. — Dispositif d'entraînement des roues motrices de l'Omnibus de Dion et Bouton.

le haut, permet aussi d'atteindre jusqu'aux pignons qui transmettent le mouvement aux roues du véhicule.

La transmission est assurée par un arbre auxiliaire placé au-dessus de l'arbre moteur, et en relation avec lui par un système particulier de pignons. Ces derniers sont disposés de telle sorte que la marche arrière est réalisée par la simple manœuvre d'un levier.

Le taux normal d'admission est de 75 %.

La vapeur s'échappe dans la cheminée de la chaudière; elle active ainsi le tirage du foyer. Elle est complètement invisible, en raison surtout de ce qu'au sortir du moteur elle passe par des tubes en acier placés autour du foyer où elle s'échauffe.

La cheminée est verticale et débouche sur le haut du toit.

Transmission. — Les têtes des bielles des pistons sont reliées aux boutons de manivelle de deux volants. Ceux-ci sont calés sur l'arbre portant les pignons de changement de vitesse. Un second arbre porte le pignon de commande du différentiel. Celui-ci est monté sur un troisième arbre dont les deux extrémités portent des boîtes en acier forgé le reliant aux tiges à la cardan qui commandent les entraîneurs des roues motrices (fig. 14).

L'essieu d'arrière est coudé. A ses deux extrémités, relevées verticalement, il porte des boîtes en acier creuses. Au-dessus de ces boîtes s'ajustent les ressorts arrière du véhicule. Les roues motrices sont folles autour de l'extrémité de l'essieu qui fait, avec l'horizontale, un angle de 5°.

Dans l'intérieur de la fusée de l'essieu passe un axe articulé à la cardan à ses deux extrémités. A l'extrémité extérieure de cet arbre se trouvent calés les quatre entraîneurs de la jante des roues motrices, et son extrémité intérieure est entraînée par le différentiel.

Les équipages de pignons de changement de vitesse correspondent respectivement à 14 et 18 kilomètres à l'heure, pour 600 tours par minute du moteur.

La marche arrière s'obtient, à l'une quelconque de ces deux vitesses, par le renversement de la vapeur.

Le poids du moteur et des transmissions (carter compris) est de 800 kilogrammes.

Appareils de conduite. — Un gouvernail, guidon droit, monté sur une tige verticale, permet d'agir sur les tiges articulées qui donnent aux roues directrices, mobiles autour de pivots verticaux placés aux extrémités de l'essieu avant, l'inclinaison voulue sur le plan vertical longitudinal du véhicule.

Freinage. — Un frein à enroulement, en corde d'acier, agit sur les moyeux des roues motrices. Il y a un deuxième frein à enroulement sur l'arbre à la cardan, contre le bâti de la machine.

On utilise, du reste, la contre-vapeur pour freiner ou arrêter le véhicule.

Renseignements généraux. — Les pièces principales sont en acier; les coussinets sont en fonte. Toutes les pièces sont remplaçables par d'autres, fabriquées à l'avance et pouvant être livrées de suite sur demande.

D'après les constructeurs, les consommations en combustible et en eau seraient, pour une vitesse de 18 kilomètres à l'heure :

Coke . . . { 2 kilogr. par kilomètre.
1ᵏᵍ500 par cheval-heure.

Eau . . . { 12 litres par kilomètre.
9 litres par cheval-heure.

Les approvisionnements indiqués plus haut permettraient donc de parcourir 40 kilomètres sans ravitaillement d'aucune sorte.

Constatations des Commissaires pendant le concours.

CHARGES UTILES *(Omnibus de Dion et Bouton)*.

DATES	ITINÉRAIRES A	B	C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
3 août 1897.	1 120	»	»	La charge normale de ce véhicule est de 16 voyageurs avec bagages, soit 1 600 kilogrammes.
6 —	»	1 120	»	
7 —	»	»	1 120	
9 —	1 120	»	»	
10 —	»	1 120	»	
11 —	»	»	1 190	

RENSEIGNEMENTS SUR LA CHAUDIÈRE ET LE MOTEUR
(Omnibus de Dion et Bouton).

SURFACE DE LA GRILLE	PUISSANCE	COKE BRULÉ A L'HEURE par mètre carré de grille	POIDS DE L'EAU vaporisée par kilogr. de coke	DURÉE DE LA MISE en pression	CONSOMMATION pour L'ALLUMAGE
m²	ch.-vapeur	kilogr.	kilogr.	minutes	kilogr.
0,18	25	150	6,2	30	Bois. . . . 10 Coke . . . 35

Éléments de la vitesse commerciale *(Omnibus de Dion et Bouton)*.

DATES	HEURES		DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS			DURÉE	
	DE DÉPART	D'ARRIVÉE			COMMANDÉS	BRULÉS	INCIDENTS DIVERS	des ravitaillements et déjeuners.	des arrêts indépendants du véhicule.
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
Itinéraire A									
5 août.	11 28	12 24	15 »	» 56	11	»	»	» 4 (*e*)	»
	12 28	1 23	12,500	» 55	11	1	»	» 24 (*f*)	»
	1 47	2 48	14 »	1 1	11	1	1 (*a*)	» »	»
			41,500	2 52					
9 août.	9 24	10 18	15 »	» 54	11	»	1 (*b*)	» (*e*)	»
	10 18	11 20	12,500	1 2	11	1	2 (*c*)	15 »	»
	11 35	12 29	14 »	» 54	10	2	1 (*d*)	» »	»
			41,500	2 50					
Itinéraire B									
6 août.	10 14	11 15	17 »	1 1	4	»	»	1 17 (*i*)	»
	12 32	1 29	14 »	» 57	2	»	»	» 20	»
	1 49	2 47	15,500	» 58	3	1	»	» »	»
			46,500	2 56					
10 août.	9 54	10 57	17 »	1 3	4	»	»	» 9 (*j*)	»
	11 6	12 4	14 »	» 58	2	»	1 (*g*)	» 13	»
	12 17	1 18	15,500	1 1	4	»	1 (*h*)	» »	»
			46,500	3 2					
Itinéraire C									
7 août.	8 35	9 33	15,500	» 58	1	»	»	3 (*e*)	»
	9 36	10 18	11,500	» 42	1	»	»	» 29	»
	10 47	11 34	14,500	» 47	1	»	»	» (*e*)	»
	11 34	12 16	10 »	» 42	1	»	»	» 5 (*e*)	»
	12 21	1 18	15 »	» 57	1	»	1 (*k*)	» »	» 5 (*k*)
			66,500	4 6					
11 août.	9 7	10 2	15,500	» 55	1	»	»	» (*e*)	»
	10 2	10 44	11,500	» 42	1	»	»	2 34(*m*)	»
	1 18	2 12	14,500	» 54	1	»	»	» (*e*)	»
	2 12	3 13	10 »	1 1	1	»	1 (*l*)	» 7	20 (*l*)
	3 20	4 15	15 »	» 55	1	»	»	» »	»
			66,500	4 27					

(*a*) Réparation d'une fuite au conduit d'eau de la pompe.
(*b*) Arrêt pour une fuite au joint de la pompe alimentaire.
(*c*) On resserre les écrous de la roue motrice arrière ébranlés par un choc de la *Pauline*. On isole une pompe dont le raccord est guillotiné.
(*d*) Passage à niveau fermé.
(*e*) On n'a pas ravitaillé.
(*f*) On n'a pas déjeuné.
(*g*) Arrêt pour détacher la corde du frein Lemoine hors de service.
(*h*) A l'octroi de Versailles, visite du mécanisme et des roues.
(*i*) On n'a pas ravitaillé, mais pendant le déjeuner on a employé 12 minutes pour visiter et mettre en ordre le mécanisme et les ressorts.
(*j*) On ne ravitaille pas, on arrose les roues motrices réparées pendant la nuit.
(*k*) Arrêt de 5 minutes pour cause de fermeture du passage à niveau.
(*l*) Arrêt à Orsay de 20 minutes pour téléphoner au sujet de l'avarie survenue à la *Pauline*.
(*m*) Déjeuner avec les voyageurs de la *Pauline*.

Calculs de la Commission.

ÉLÉMENTS DU CALCUL DU PRIX DE REVIENT *(Omnibus de Dion et Bouton)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL au départ $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\,moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN $P_{t\,moy.} = U + P_{m\,moy}$	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de la CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\,moy.}}$	POIDS DU COKE BRULÉ		POIDS DE L'EAU vaporisée pour 1 kilogr. de coke	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE	
												pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	pour 1 tonne kilométr. de la charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$		pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen	pour 1 tonne kilométr. de charge utile
fr.	ch.-vap.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
22 000	25	14 à 14,5	1 120	5 040	6 160	4 755	5 875	235	4 200	0,68	0,18	0,31	1,73	6,2	1,922	10,726

Prix de revient kilométrique du transport du voyageur avec ou sans bagages (*Omnibus de Dion et Bouton*).

1° *Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.*

Matériel. . .	Prix : 22 000 francs.			
	Intérêt à 6 %.	1 320 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an	Fr.	4,40
	Amortissement, entretien et réparations (15 %) .	3 300 — — —		11 »
Personnel. . .	Conducteur-mécanicien .	200 francs par mois, soit pour une journée, à raison de 25 jours par mois		8 »
	Chauffeur.	75 — — —		3 »
Allumage				1,42
Chiffons, graissage, etc..				5,90 (1)
		TOTAL	Fr.	33,72
Frais généraux 10 %.				3,37
		DÉPENSE JOURNALIÈRE FIXE.	Fr.	37,09

2° *Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.*

Parcours journalier : 145 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	COKE CONSOMMÉ		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS
		POIDS	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	COKE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES		Voyageur-kilomètre avec bagages, ou 100 kilogr. de messageries	Voyageur-kilomèt. sans bagages	
		kilogr.	fr.	litres	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	
1/3 de charge. . .	743	230	8,05	1 426	2,85	10,90	37,09	47,99	54	0,080	0,063	On compte, par tonne, 14 voyageurs sans bagages et 10 voyageurs avec bagages.
2/3 de charge. . .	797	247	8,65	1 531	3,06	11,71	37,09	48,80	108	0,045	0,032	
Charge entière . .	852	264	9,24	1 637	3,27	12,51	37,09	49,60	163	0,030	0,022	

(1) Ce chiffre énorme tient aux pertes d'huile très considérables que les Commissaires ont constatées le long de l'arbre des cardans. Depuis le concours, les constructeurs ont, paraît-il, remédié à ce défaut.

Deuxième catégorie : Voitures a essence

Omnibus à pétrole Panhard et Levassor (n° 10).

Cet omnibus à essence, qui était inscrit sous le n° 10, a été construit et présenté par la Société anonyme des anciens Établissements Panhard et Levassor (1).

But, charge utile, prix. — L'omnibus à pétrole Panhard et Levassor a été établi en vue du transport en commun des voyageurs et de leurs bagages ou des menues messageries.

Il peut recevoir 14 voyageurs, dont 10 à l'intérieur, 2 sur le siège d'avant, à côté du mécanicien- conducteur, et 2 sur la plate-forme arrière.

Les bagages et messageries sont placés sur le dessus de la voiture où ils sont retenus par une galerie.

La vitesse peut atteindre de 16 à 18 kilomètres à l'heure en palier; elle est réduite à 4 kilomètres sur les fortes rampes.

Cet omnibus peut être livré au prix d'environ 18 000 francs.

Description sommaire. — Comme on le voit sur les figures 15, 16 et 17, ce véhicule se compose d'une caisse fermée, à l'avant de laquelle se trouve le siège du conducteur. L'accès est facilité par une plate-forme arrière.

Le tout est fixé à un cadre métallique reposant sur les essieux par l'intermédiaire des ressorts.

En dessous du châssis, entre les roues d'avant qui sont directrices, se trouve fixé le moteur à essence, composé de deux moteurs Daimler-Phénix de 6 chevaux chacun.

Au-dessus se trouve le siège du conducteur, à la portée duquel sont groupés tous les leviers et pédales d'embrayage, de freins et de changement de vitesse, ainsi que le volant de direction.

La transmission est fixée en dessous du châssis, entre les deux essieux avant et arrière.

Le siège du conducteur est très large; on y a ménagé un tiroir pour les accessoires.

---

(1) Avenue d'Ivry, n° 19, à Paris.

Les deux réservoirs à essence sont placés contre le garde-crotte antérieur du véhicule.

L'eau nécessaire au refroidissement du moteur est renfermée dans un caisson placé sous la voiture.

Répartition des poids. — Le tableau ci-dessous indique la répartition de la charge sur les essieux :

POIDS	ROUES AVANT (DIRECTRICES)	ROUES ARRIÈRE (MOTRICES)	TOTAUX
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide	»	»	2 095
En ordre de marche, savoir : 1 conducteur 70			
Eau. . . . 200	960	1 500	2 400
Essence (1). . 35			
Charge utile (2)	200	800	1 000
Poids total	1 100	2 300	3 400

(1) 50 litres à 700°

(2) La charge utile aurait dû être de 1 400 kilogr., puisque l'omnibus est fait pour 14 voyageurs, comptés chacun à 100 kilogr. avec 30 kilogr. de bagages; mais pour le concours on s'est borné à la charge utile réglementaire de 1 000 kilogrammes.

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{1\,000}{2\,400} = 0{,}415.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{1\,000}{3\,400} = 0{,}294.$$

Roues. — Les indications concernant les roues sont résumées dans le tableau suivant :

	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE
	millim.	millim.
Diamètre moyen des fusées	50	52
Diamètre extérieur des roues	800	1 020
Largeur des bandages	80	80
Voies d'axe en axe des bandages	1 850	1 850

La distance entre les deux essieux (empattement) est de 1m 90.

Les roues sont en bois, avec moyeux métalliques.

Fig. 15. — Omnibus Panhard et Levassor.
(Vue avant.)

Le porte à faux, à l'arrière de l'essieu moteur, est d'environ les $^2/_5$ de la longueur totale du véhicule.

La hauteur de la plate-forme au-dessus du sol est de 0m 60.

Encombrement. — La largeur de la voiture, toutes saillies comprises, est de 2m 10.

Sa longueur totale est de 4m 50, se décomposant ainsi :

Partie occupée par les appareils de conduite et le siège du mécanicien. . . . . Mètres	1,25
Compartiment du milieu (largeur moyenne de chaque place : 0m 45)	2,35
Plate-forme arrière	0,90
LONGUEUR TOTALE. . . . . Mètres.	4,50

La hauteur totale de la voiture au-dessus du sol est d'environ 3 mètres.

Moteur. — Le moteur est à essence, du système Daimler-Phénix, avec allumage par tubes incandescents.

Sa puissance est de 12 chevaux.

Les cylindres, au nombre de quatre, sont placés verticalement. Ils sont à course concomitante, deux à deux, et du cycle à quatre temps. L'ensemble donne deux coups moteurs par tour.

Le diamètre des cylindres est de 0m 090. La longueur de course est de 0m 135.

Le nombre normal de tours est de 750 par minute.

Lorsque le moteur ne développe pas entièrement sa puissance, sa vitesse tend à dépasser cette limite, et alors entre en jeu son régulateur dont voici le principe :

On sait que dans le moteur Daimler-Phénix le soulèvement de la soupape d'aspiration est dû uniquement à la dépression causée dans le cylindre par la course descendante du piston qui suit immédiatement celle pendant laquelle a eu lieu l'évacuation des produits gazeux de l'explosion précédente. Si donc cette évacuation ne se produisait pas, ces gaz seraient, lors de la course ascendante, comprimés dans la partie supérieure du cylindre, puis, lorsque le piston descendrait, se détendraient sans qu'il en résultât une dépression. Aucune quantité de mélange explosif n'étant aspirée, la course suivant celle de compression ne serait pas motrice.

Or, la soupape d'échappement est ouverte au moment voulu par

FIG. 16. — Omnibus PANHARD et LEVASSOR.
(Vue arrière.)

une tige verticale que soulève une came portée par un arbre auxiliaire tournant deux fois moins vite que l'arbre moteur.

La tige de la soupape d'échappement est en deux parties. La partie supérieure a un mouvement vertical invariable. La partie inférieure peut être écartée latéralement par un régulateur à force centrifuge. Dans cette position, la came de l'arbre auxiliaire ne peut plus agir sur elle et la soupape d'échappement ne fonctionne plus.

Il y a un manque à l'échappement qui a pour conséquence un manque à l'aspiration et à l'explosion consécutive.

Ceci étant exposé, le régulateur agit de la façon suivante :

Quand le moteur tourne à vide, à la vitesse de 750 tours à la minute, un seul cylindre fonctionne régulièrement, l'échappement des trois autres étant arrêté. Si alors on demande un effort au moteur, la vitesse tombe un peu; l'échappement du deuxième cylindre s'effectue, et celui-ci entre en fonction comme le premier. L'effort demandé vient-il à augmenter encore, toujours en vertu de la légère diminution de vitesse de rotation qui en est la conséquence, c'est le troisième cylindre, puis le quatrième qui viennent alors en aide aux deux premiers.

Le refroidissement des cylindres se fait par un courant d'eau qui circule entre une bâche-réservoir et les cylindres, au moyen d'une petite pompe centrifuge actionnée par le moteur.

Le mélange explosif se forme dans deux carburateurs du type Phénix. L'afflux de l'essence est réglé par l'aspiration même du moteur.

Les bielles et l'arbre moteur sont placés dans un carter où ils barbottent dans l'huile.

Transmission. — Les bielles des moteurs attaquent, deux par deux, un des coudes de l'arbre vilebrequin, de manière qu'une explosion ait lieu par chaque demi-tour.

Le vilebrequin est relié à l'arbre portant le différentiel par un embrayage à friction et par des jeux d'engrenages permettant d'obtenir quatre vitesses avant de 3^{km} 8, 7, 11, 16 kilomètres, et une vitesse arrière de 3^{km} 8.

L'arbre du différentiel agit sur les roues motrices par des chaînes qui se prêtent au jeu des ressorts.

Les tiges de commande des freins sont combinées de telle sorte que le moteur soit forcément débrayé quand on les serre.

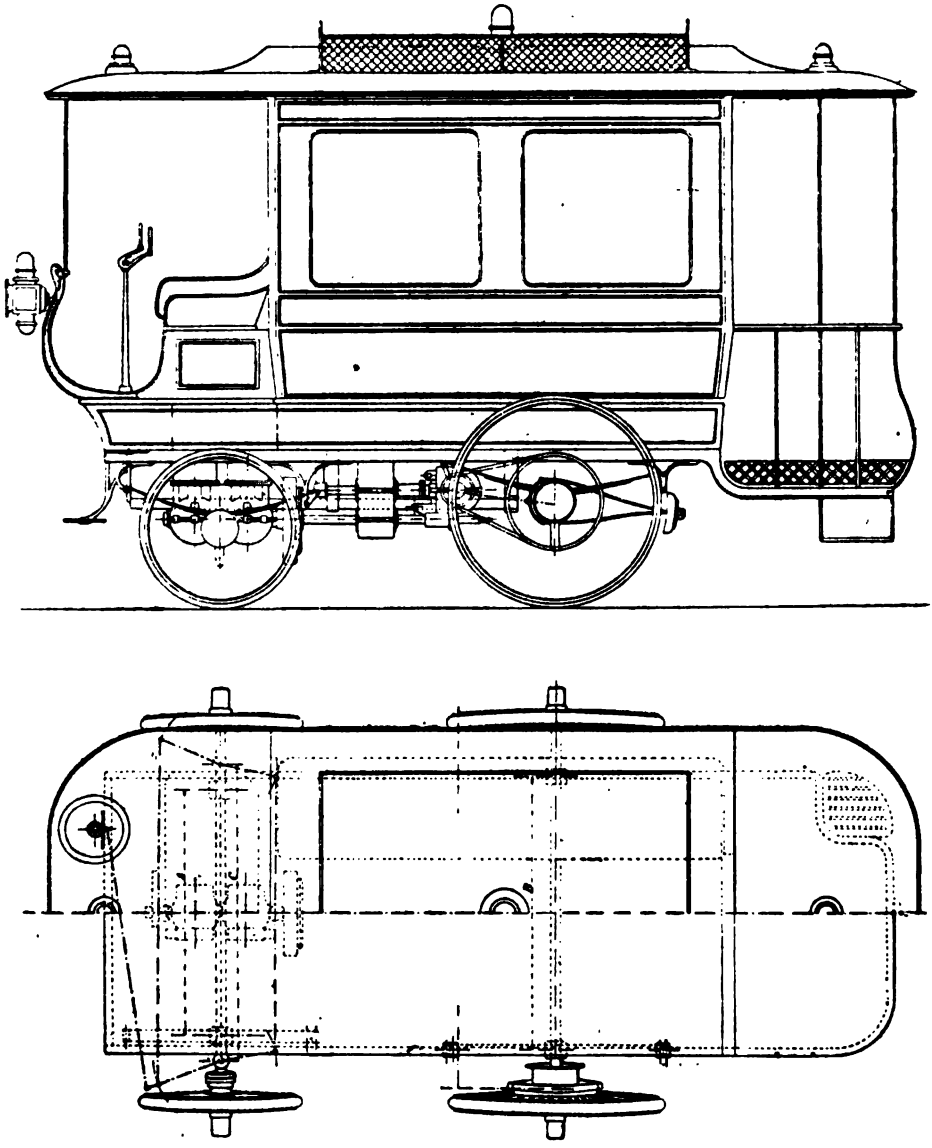


FIG. 17. — Élévation et plans de l'Omnibus PANHARD et LEVASSOR.

Appareils de conduite. — Un volant horizontal, monté sur une tige verticale, permet d'agir sur des tiges articulées qui donnent aux roues directrices, mobiles autour de pivots verticaux placés aux extrémités de l'essieu avant, l'inclinaison voulue sur le plan vertical passant par l'axe du véhicule.

Freinage. — Un frein à courroie en poil de chameau agit sur la boîte du différentiel par l'intermédiaire d'une pédale.

Un frein genre Lemoine agit sur les moyeux des roues motrices.

Un troisième frein, à vis, permet d'appliquer des sabots sur les bandages des roues arrière.

Chacun de ces freins est capable d'enrayer les deux roues motrices et d'arrêter sur une longueur de 5 mètres le véhicule animé d'une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Renseignements généraux. — Les principales pièces sont en acier cémenté et trempé ; les coussinets sont en bronze dur.

Toutes les pièces sont démontables et remplaçables par des pièces de rechange fabriquées à l'avance et qui peuvent être livrées de suite sur commande.

D'après les constructeurs, la consommation d'essence de pétrole marquant 700° environ serait de 0^{lit} 55 par kilomètre, pour une vitesse moyenne de 10 à 12 kilomètres à l'heure, et celle de l'eau de 2^{lit} 50. Les approvisionnements indiqués plus haut permettraient donc de faire, à cette vitesse, environ 100 kilomètres sans ravitaillement d'aucune sorte.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES *(Omnibus Panhard et Levassor)*.				
DATES	ITINÉRAIRES			OBSERVATIONS
	A	B	C	
5 août 1897.	1 000 kg	»	»	D'après les constructeurs, ce véhicule doit normalement transporter 14 voyageurs.
6 —	»	1 000 kg	»	
7 —	»	»	1 000 kg	
9 —	1 010	»	»	
10 —	»	1 010	»	
11 —	»	»	1 050	

Éléments de la vitesse commerciale *(Omnibus Panhard et Levassor).*

DATES	HEURES		DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS			DURÉE	
	DE DÉPART	D'ARRIVÉE			COMMANDÉS	BRULÉS	INCIDENTS DIVERS	des ravitaillements et déjeuner.	des arrêts indépendants du véhicule.
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
			ITINÉRAIRE A						
5 août.	10 45	12 21	19 (*a*)	1 36	11	»	1 (*b*)	» 6	»
	12 27	1 33	12,500	1 6	11	1	1 (*c*)	» 7	»
	1 40	4 16	14 »	2 36	9	3	1 (*d*)	» »	»
			45,500	5 18					
9 août.	10 7	11 26	15 »	1 19	11	»	»	» 6	»
	11 32	12 40	12,500	1 8	12	»	»	1 17 (*e*)	»
	1 57	3 14	14 »	1 17	12	»	»	» »	»
			41,500	3 44					
			ITINÉRAIRE B						
6 août.	10 26	11 46	17 »	1 20	4	»	»	» 39 (*e*)	»
	12 45	3 27	14 »	2 42	2	»	1 (*g*)	» 6	»
	3 33	4 58	15,500	1 25	4	»	»	» »	»
			46,500	5 27					
10 août.	10 »	11 20	17 »	1 20	4	»	»	1 25 (*e*)	»
	12 45	2 7	14 »	1 22	2	»	»	» 5	»
	2 12	3 42	17,5 (*f*)	1 30	4	»	»	» »	»
			48,500	4 12					
			ITINÉRAIRE C						
7 août.	8 52	10 9	15,500	1 17	1	»	»	» 5	»
	10 14	11 24	11,250	1 10	1	»	»	1 26 (*e*)	»
	12 30	1 33	14,750	1 3	1	»	»	» 16	»
	2 9	3 8	10 »	0 59	1	»	1 (*i*)	1 (*m*)	2 5 (*i*)
	3 9	4 25	13 »	1 16	1	»	1 (*j*)	» »	6 10 (*j*)
			66,500	5 45					
11 août.	9 23	10 42	15,500	1 19	1	»	»	» 6	»
	10 48	12 5	11,250	1 17	4 (*h*)	»	»	1 47 (*e*)	»
	1 52	3 53	14,750	2 1	1	»	2 (*k*)	» 3	»
	3 56	4 54	10 »	1 2	2 (*h*)	»	1 (*l*)	» »	7 (*l*)
	4 58	6 13	15 »	1 15	»	1	»	» »	»
			66,500	6 54					

(*a*) Erreur de parcours qui a allongé de 4,000 mètres. Temps: 14 minutes 40″.
(*b*) Arrêts motivés par le refroidissement des brûleurs.
(*c*) Fermeture accidentelle du robinet du réservoir à essence.
(*d*) A 350 mètres de la rue des Chantiers, arrêt pendant 1 h. 25 par suite du grippement du changement de vitesse.
(*e*) Déjeuner.
(*f*) Erreur de parcours qui a allongé de 2 kilomètres environ. Temps: 7 minutes.
(*g*) Arrêt de 1 h. 25, pour grippement d'un nouveau changement de vitesse mis pendant la nuit précédente.
(*h*) Les commissaires ont demandé des arrêts en plus des arrêts prévus.
(*i*) Arrêt au passage à niveau fermé.
(*j*) Embarras de voiture à Jouy-en-Josas.
(*k*) Deux arrêts de 31 minutes en tout, pour graissage des engrenages du changement de vitesse, etc.
(*l*) Arrêt au passage à niveau.
(*m*) Pas de ravitaillement.

Calculs de la Commission.

ÉLÉMENTS DU CALCUL DU PRIX DE REVIENT *(Omnibus Panhard et Levassor)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL au départ $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\,moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN $P_{t\,moy.} = U + P_{m\,moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de LA CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\,moy.}}$	QUANTITÉ d'essence brûlée pour 1 tonne kilométrique du poids total moyen	VOLUME d'essence brûlée pour 1 tonne kilométrique de charge utile	VOLUME D'EAU consommée par litre d'essence
fr.	ch.-vapeur	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			litres	litres	litres
18 000	12	10 à 10,5	1 000	2 400	3 400	2 283	3 283	273	2 300	0,68	0,30	0,147	0,490	5

Prix de revient kilométrique du transport du voyageur avec ou sans bagages *(Omnibus Panhard et Levassor)*.

1° *Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.*

Matériel. . . .	Prix : 18 000 francs. Intérêt à 6 °/₀.	1 080 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an	Fr.	3,60
	Amortissement, entretien et réparations (15 °/₀) .	2 700 — — —		9 »
Personnel. . .	Conducteur-mécanicien .	200 francs par mois, soit par jour de travail, à raison de 25 jours par mois		8 »
Graissage et chiffons.				3,50
		Total.	Fr.	24,10
Frais généraux 10 °/₀				2,41
		Dépense journalière fixe	Fr.	26,51

2° *Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.*

Parcours journalier : 105 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	ESSENCE CONSOMMÉE		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS
		VOLUME	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	ESSENCE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES		Voyageur-kilomètre avec bagages, ou 100 kilogr. de messageries	Voyageur-kilomèt. sans bagages	
		litres	fr.	litres	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	
1/3 de charge. . .	275	40,4	16,16	202	0,20	16,36	26,51	42,87	35	0,122	0,087	On compte, par tonne, 14 voyageurs sans bagages et 10 voyageurs avec bagages.
2/3 de charge. . .	310	45,6	18,24	228	0,23	18,47	26,51	44,98	70	0,064	0,046	
Charge entière . .	345	50,7	20,25	253	0,25	20,50	26,51	47,04	105	0,045	0,032	

2° Véhicules à bogie moteur.

Pauline de Dion et Bouton (n° 13).

Cette voiture à vapeur, qui était inscrite sous le n° 13, a été construite et présentée par MM. de Dion et Bouton, Ingénieurs-constructeurs.

But, charge utile, prix. — Ce véhicule est composé de deux parties bien distinctes : un tracteur à vapeur et un grand break (forme *Pauline*). Il a été établi en vue du transport en commun de 33 voyageurs sans bagages.

La vitesse peut atteindre 14 kilomètres en palier. Elle n'est pas très sensiblement réduite, même sur une rampe assez forte.

Ce véhicule peut être livré pour la somme de 26 500 fr., dont 17 500 fr. pour le tracteur de 35 chevaux-vapeur et 9 000 fr. pour le break-Pauline (1).

Il est évident que, le tracteur restant le même, le break-Pauline pourrait être remplacé par un véhicule quelconque de même poids total mais de forme et de destination différentes.

Description sommaire. — Comme on le voit sur la figure 18 ci-jointe, le véhicule n° 13 peut être considéré comme une Pauline ordinaire dans laquelle les deux roues d'avant-train seraient remplacées par une sorte de bogie à vapeur, au-dessus des roues motrices duquel se trouvent une couronne et une articulation par cheville ouvrière analogue à celles des voitures ordinaires. Avec ce dispositif, une partie notable de la charge à remorquer se trouve reportée sur les roues motrices du tracteur et contribue à leur donner l'adhérence nécessaire.

1° *Tracteur* (fig. 19). — A l'avant se trouvent les caissons d'approvisionnement de coke qui entourent la chaudière, du type de Dion et Bouton, identique à celle déjà décrite plus haut pour l'omnibus à vapeur (n° 14) des mêmes constructeurs.

A une certaine distance de la chaudière est installé un siège sur lequel prennent place le mécanicien-conducteur et le chauffeur.

(1) La Pauline présentée au concours était une voiture de luxe, établie dans des conditions toutes spéciales. Le prix d'une Pauline construite pour un usage commercial ne serait pas supérieur à 5 000 francs.

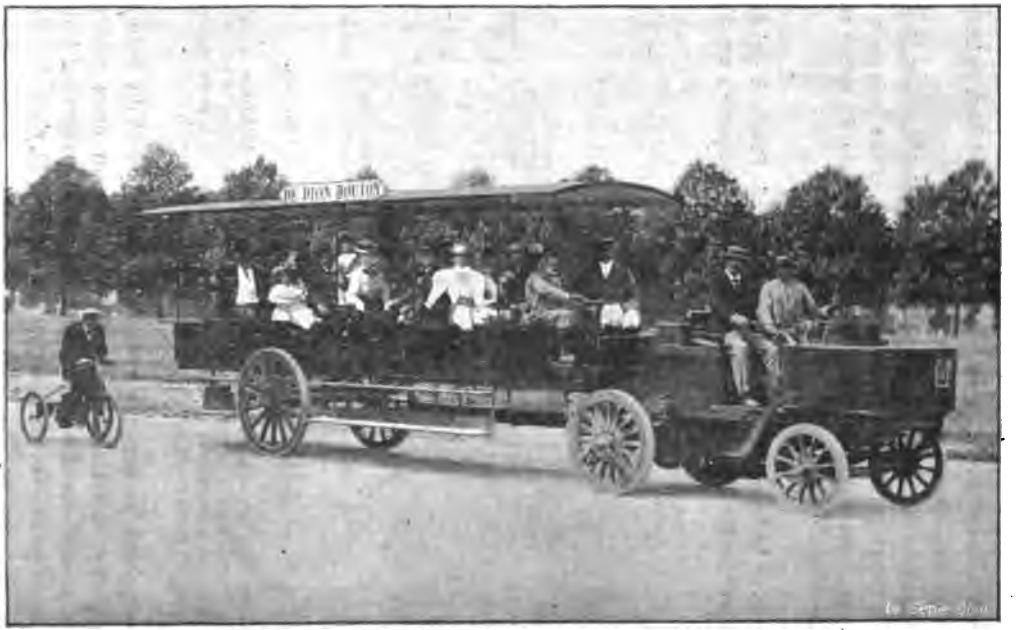


FIG. 18. — Pauline de DION et BOUTON.

Dans l'intervalle sont groupés tous les appareils de conduite que le mécanicien a besoin d'avoir à sa disposition.

Le siège forme caisson et sert de réservoir à eau. On y a ménagé un tiroir pour les accessoires.

En arrière de ce caisson et au-dessus des roues motrices, se trouve la couronne d'attache du véhicule remorqué.

En dessous du châssis, comme dans l'omnibus précédemment décrit, est fixé le carter renfermant le moteur. Celui-ci, d'une puissance de 35 chevaux, a deux cylindres compound; il est, du reste, du même système que celui de l'omnibus.

2° *Break.* — Le break (analogue à ceux dénommés *Paulines*, qui font le service entre Paris et les champs de courses) comporte : un siège

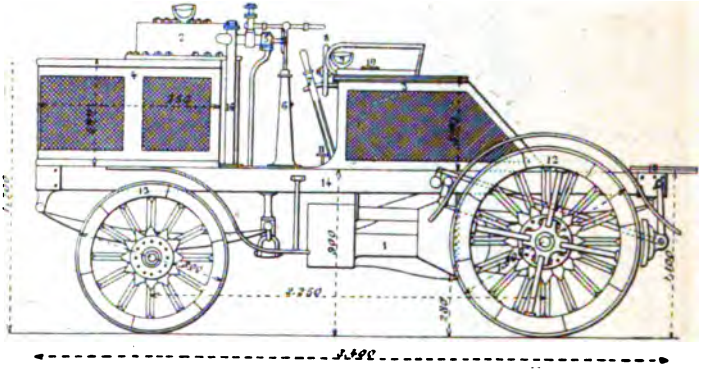


FIG. 19. — Schéma du tracteur à vapeur de Dion et Bouton.

LÉGENDE : 1, machine; — 2, chaudière; — 3, caisse à eau formant siège; — 4, caisse à coke; — 5, robinet de prise de vapeur; — 6, direction; — 7, changement de marche; — 8, frein à main; — 9, manette de mise en route; — 10, commande de la pompe à eau; — 11, frein à pédale; — 12, roues motrices; — 13, roues directrices; — 14, châssis.

extérieur pour 4 personnes, y compris l'homme chargé du frein du break; quatre compartiments comprenant chacun deux sièges à 4 places, parallèles aux essieux; enfin un caisson arrière sur lequel, à la rigueur, pourraient (comme pendant le concours), s'asseoir 4 voyageurs supplémentaires.

Répartition des poids. — Le tableau suivant indique la façon dont la charge se répartit sur les essieux :

POIDS	ROUES AVANT du tracteur (directrices)	ROUES ARRIÈRE DU TRACTEUR (motrices)		ROUES ARRIÈRE du break	TOTAUX	
		PARTIE du tracteur	PARTIE du break		Tracteur	Break
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide	»	»	1 067	2 133	3 200 + 3 200	
					6 400	
En ordre de marche, savoir :						
Eau. 500						
Coke 160						
Mécanicien . . 70						
Chauffeur. . . 70	1 380	2 760 + 1 137		2 133	4 140 + 3 270	
Outils, etc. . . 140						
Serre-frein . . 70 (du break)		3 897			7 410	
Charge utile.	»	»	833	1 667	»	2 500
Poids total	1 380	2 760 + 1 970		3 800	4 140 + 5 770	
		4 730			9 910	

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche (tracteur-bogie et break) est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{2500}{7410} = 0{,}337.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* (tracteur-bogie et break) est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{2500}{9910} = 0{,}252.$$

Roues. — Les indications relatives aux dimensions des roues sont réunies dans le tableau suivant :

	ROUES AVANT DU TRACTEUR	ROUES ARRIÈRE DU TRACTEUR	ROUES ARRIÈRE DU BREAK
	millim.	millim.	millim.
Diamètre moyen des fusées . . .	44	88	60
Diamètre extérieur des roues . .	800	1 000	1 200
Largeur des bandages.	90	100	100
Voies d'axe en axe des bandages .	1 800	1 800	1 800
Poids d'une roue	60 kilogr.	100 kilogr. (avec leurs entraîneurs)	80 kilogr.

L'empattement du véhicule est de $2^m 10$.

La distance de l'essieu arrière du break à la cheville ouvrière est de $4^m 25$.

Toutes les roues sont en bois avec moyeux métalliques.

Encombrement. — La largeur du véhicule, toutes saillies comprises, est de 2 mètres, pour le tracteur comme pour le break.

La hauteur du plancher du break chargé, au-dessus du sol, est de $1^m 30$.

La longueur totale du break est de $6^m 50$.

Celle du tracteur est de $3^m 80$, se décomposant ainsi :

Partie occupée par les caissons à coke, la chaudière . Mètres.	1,60
Partie occupée par le siège du mécanicien.	0,45
Partie occupée par le caisson arrière	0,95
Partie occupée par la couronne d'attache du véhicule remorqué	0,80
LONGUEUR TOTALE. . . . Mètres.	3,80

Chaudière. — La chaudière est identique à celle de l'omnibus n° 14 dont il a été déjà parlé.

Les poids sont les suivants :

Poids.	à vide.	Kilogr.	400
	eau.		60
	coke		20
POIDS en ordre de marche. . . .		Kilogr.	480

La chaudière est timbrée à 14 kilogrammes.

La surface de la grille est de $0^{m2} 18$.

La surface de chauffe est de $5^{m2} 60$.

La surface du surchauffeur est de $0^{m2} 500$.

Eau vaporisée à 14 kilogr. par 1 kilogr. de coke . . .	Litres.	6
Eau vaporisée en une heure		350

Le temps nécessaire pour la mise en pression est de 30 minutes, comme dans l'omnibus des mêmes constructeurs.

Un souffleur permet d'obtenir un tirage forcé. Il est disposé de manière à consommer relativement peu de vapeur d'eau.

La conduite du feu est des plus faciles. De même que sur l'omnibus, il suffit de tenir le tube central de la chaudière plein de coke.

A l'avant, se trouvent la porte du cendrier et une porte spéciale pour le décrassage de la grille; cette opération se fait pendant les arrêts.

Machine. — Le moteur à vapeur est du même système que celui de l'omnibus précédemment décrit. Sa puissance est de 35 chevaux.

Les deux cylindres sont placés horizontalement.

Le diamètre du cylindre à haute pression est de $0^m 115$, et celui du cylindre à basse pression de $0^m 195$.

Il existe un dépiqueur, comme sur l'omnibus.

Le nombre de tours normal est de 600 par minute.

FIG. 20. — Pauline de DION et BOUTON.

Le taux d'admission normal, dans le petit cylindre, est de 75 %.

Le taux de détente, dans le grand cylindre, est également de 75 %.

L'échappement de la vapeur et des gaz de la combustion a lieu sous le tracteur (1).

Transmission. — Le mode de transmission est analogue à celui appliqué sur l'omnibus des mêmes constructeurs, mais il n'y a qu'un rapport de vitesse entre le moteur et les roues du véhicule. Il correspond à 14 kilomètres à l'heure pour 600 tours par minute du moteur.

Le renversement de la vapeur permet d'obtenir la marche arrière.

Freins.— Il existe un frein à enroulement sur les volants du moteur,

(1) Lors des arrêts en cours de route, les gaz chauds sont gênants pour les ouvriers qui ont à visiter ou réparer le moteur.

et un frein à vis serrant des sabots sur les bandages des roues motrices.

La contre-vapeur, du reste, est le mode le plus puissant d'arrêt.

Le break possède un frein ordinaire qui est manœuvré par un homme placé sur le siège avant.

Renseignements généraux. — Le moteur et la transmission (carter compris) pèsent environ 950 kilogrammes.

Les pièces principales sont en acier et les coussinets en fonte.

Toutes les pièces sont remplaçables par d'autres fabriquées à l'avance et livrables sur demande.

D'après les constructeurs, les consommations, en coke et en eau, pour une vitesse de 14 kilomètres à l'heure, seraient :

Coke . . . . . { 4 kilogr. par kilomètre, / 1k 500 par cheval-heure.

Eau . . . . . { 20 litres par kilomètre, / 7 litres par cheval-heure.

Les approvisionnements indiqués ci-dessus permettraient de faire, à cette vitesse, environ 25 kilomètres.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES *(Pauline de Dion et Bouton).*

DATES	ITINÉRAIRES A	B	C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	Il y a normalement 35 places, plus le serre-frein, ce qui équivaut à 2 450 kilogr. dans le cas de voyageurs sans bagages.
5 août 1897.	2 450	»	»	
6 —	»	2 450	»	
7 —	»	»	2 380	
9 —	2 520	»	»	
10 —	»	2 660	»	
11 —	»	»	2 520	

RENSEIGNEMENTS SUR LES CHAUDIÈRES ET LA MACHINE

SURFACE DE LA GRILLE	PUISSANCE	COKE BRULÉ A L'HEURE par mètre carré de grille	POIDS DE L'EAU vaporisée par kilogr. de coke	DURÉE DE LA MISE en pression	CONSOMMATION pour L'ALLUMAGE
m²	ch.-vapeur	kilogr.	kilogr.	minutes	kilogr.
0,18	35	233	5,5	30	Bois. . . . 10 Coke . . . 35

ÉLÉMENTS DE LA VITESSE COMMERCIALE *(Pauline de Dion et Bouton).*

DATES	HEURES		DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS			DURÉE	
	DE DÉPART	D'ARRIVÉE			COMMANDÉS	BRULÉS	INCIDENTS DIVERS	des ravitaillements et déjeuners	des arrêts indépendants du véhicule
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
			ITINÉRAIRE A						
5 août.	11 13	12 40	15,000	1 27	11	»	1 (*a*)	16 (*d*)	»
	12 56	2 5	12,500	1 9	11	1	»	33 (*d*)	»
	2 38	3 59	14,000	1 21	12	»	1 (*b*)	» »	»
			41,500	3 57					
9 août.	9 7	10 22	1,500	1 15	10	1	2 (*c*)	» 15	»
	10 37	11 39	12,500	1 2	12	»	»	1 31 (*e*)	»
	1 10	2 23	14,000	1 13	11	1	»	» »	»
			41,500	3 30					
			ITINÉRAIRE B						
6 août.	9 38	11 »	17,000	1 22	4	»	»	1 35 (*e*)	»
	12 35	1 45	14,000	1 10	2	»	»	» 30	»
	2 15	3 42	15,500	1 27	4	»	»	» »	»
			46,500	3 59					
10 août.	9 45	10 36	17,000	1 11	4	»	»	1 21 (*e*)	»
	12 17	1 26	14,000	1 9	2	»	1	» 17	»
	1 43	3 19	15,500	1 36	4	»	2 (*f*)	» »	»
			46,500	3 56					
			ITINÉRAIRE C						
7 août.	8 15	9 40	15,500	1 25	1	»	»	» 14	»
	9 54	11 6	14,500	1 12	1	»	2 (*h*)	1 32 (*e*)	» 12 (*h*)
	12 38	1 42	14,500	1 4	1	»	1	» 10	»
	1 52	2 15	10,000	» 23	1	»	»	» 45	»
	3 »	4 9	15,000	1 9	1	»	»	» »	»
			69,500	5 13					
11 août.	8 32	10 7	15,500	1 15	1	»	»	» 21	»
	10 28	2 57	11,500	4 29(*g*)	1	»	1 (*g*)	» 16	»
	3 13	4 39	14,500	1 26	»	1	1 (*g*)	» 18	»
	4 57	6 3	10 »	1 6	»	1	»	» 26	»
	6 29	7 52	15,000	1 23	1	»	»	» »	»
			66,500	9 39					

(*a*) Ralentissement au passage à niveau de Noisy-le-Roy.
(*b*) 15 minutes pour resserrer un écrou de la bride de prise de vapeur.
(*c*) Arrêt pour graissage.
(*d*) On n'a pas déjeuné.
(*e*) On a déjeuné.
(*f*) Arrêt de 7 m. 30 s. pour resserrer un écrou de la bride du tuyau d'échappement; et un arrêt de 2 m. 30 s. pour remonter la pression.
(*g*) A 11 h. 2 m. 30 s., 200 mètres avant les maisons de Vaux-de-Cernay, le fond du cylindre à basse pression est défoncé par suite du détachement de la tête de bielle du piston, la réparation dure jusqu'à 2 h. 13 minutes, c'est-à-dire 3 h. 10 m. 30 s.; nouvelle réparation de 3 h. 33 à 3 h. 50 minutes, soit 17 minutes. A partir de ce moment on ne marche qu'avec le petit cylindre.
(*h*) Perte de 12 minutes pour cause d'erreur de route ayant causé un allongement d'itinéraire de 3 kilomètres. Un arrêt de 3 minutes pour resserrer un écrou du break.

Calculs de la Commission.

Éléments du calcul du Prix de revient *(Pauline de Dion et Bouton)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL au départ $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\ moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN $P_{t\ moy.} = U + P_{m\ moy}$	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de LA CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\ moy.}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. de la charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$	POIDS DE L'EAU vaporisée pour 1 kilogr. de coke	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. de charge utile
fr.	ch.-vap.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
26 509	35	10,5 à 10,8	2 500	7 410	9 910	7 080	9 580	274	6 054	0,61	0,26	0,37	1,42	5,5	2,03	7,810

Prix de revient kilométrique du transport du voyageur avec ou sans bagages, et de la tonne de marchandises. *(Pauline de Dion et Bouton).*

1° *Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.*

Matériel. . . .	Prix : 26 500 francs.						
	Intérêts 6 %.	1 590 francs, soit pour une journée de travail à raison de 300 jours par an.				Fr.	5,30
	Amortissement, entretien et réparations (15 %) .	3 975	—	—	—	. . . . .	13,25
Personnel. . .	Conducteur-mécanicien .	200 francs par mois, soit par jour de travail, à raison de 25 jours par mois.					8 »
	Chauffeur.	75	—	—	—	. . . . .	3 »
	Serre-frein	125	—	—	—	. . . . .	5 »
Allumage							1,42
Chiffons, graissage, etc.							5,70
					Total.	Fr.	41,67
Frais généraux 10 %							4,16
					Dépense journalière fixe	Fr.	45,83

2° *Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.*

Parcours journalier : 108 kilomètres.

CHARGEMENT	COKE CONSOMMÉ		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT			OBSERVATIONS
	POIDS	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	COKE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES		tonne kilométriq. utile	Voyageur-kilomètre avec bagages, ou 100 kilogr. de messageries	Voyageur-kilomét. sans bagages	
	kilogr.	fr.	lit.	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	fr.	
1/3 de charge . .	316	11,06	1 740	3,48	14,54	45,83	60,39	90	0,671	0,067	0,048	On compte, par tonne, 14 voyageurs sans bagages et 10 voyageurs avec bagages.
2/3 de charge . .	350	12,25	1 923	3,85	16,10	45,83	61,94	180	0,344	0,034	0,025	
Charge entière. .	383	13,40	2 106	4,21	17,61	45,83	63,45	270	0,235	0,023	0,017	

3° Véhicules automoteurs en remorquant d'autres.

Train à voyageurs Scotte (n° 3).

Ce véhicule, qui était inscrit sous le n° 3, a été construit et présenté par la Société des Chaudières et Voitures à vapeur, système Scotte.

But, charge utile, prix. — Le train à voyageurs a été établi en vue du transport en commun des voyageurs avec leurs bagages ou de menues messageries.

Il peut recevoir 11 voyageurs dans le véhicule automoteur à vapeur et 15 dans la voiture remorquée où il y a, en outre, un compartiment destiné aux messageries.

Les bagages sont placés sur le dessus des voitures où ils sont retenus par des galeries.

D'après les constructeurs, ce train peut, sur bonne route, marcher à 12 kilomètres à l'heure en palier et à 6 kilomètres sur les fortes rampes.

Le train à voyageurs Scotte peut être livré au prix de 26000 francs, dont 22000 pour la voiture à vapeur et 4000 pour la voiture remorquée.

Description sommaire. — Comme on le voit sur la figure 21 ci-jointe, le train se compose d'une voiture remorqueuse et porteuse, analogue à l'omnibus automoteur (n° 1) précédemment décrit, et d'une voiture remorquée qui comprend à l'avant un compartiment pour les messageries, au milieu un intérieur où les voyageurs sont assis comme dans les omnibus, et à l'arrière une plate-forme.

La voiture remorquée a un avant-train à cheville ouvrière comme les voitures ordinaires. Cet avant-train porte un très court timon terminé par un anneau qui embrasse une tige verticale passée dans les deux bras d'une fourche verticale fixée à l'arrière de la voiture à vapeur.

Pour amortir autant que possible les discordances des cahots des deux voitures, on a placé des ressorts en spirale autour de la tige verticale, au-dessus et au-dessous de l'anneau du timon.

Répartition des poids. — Le tableau suivant indique la façon dont la charge se répartit sur les essieux :

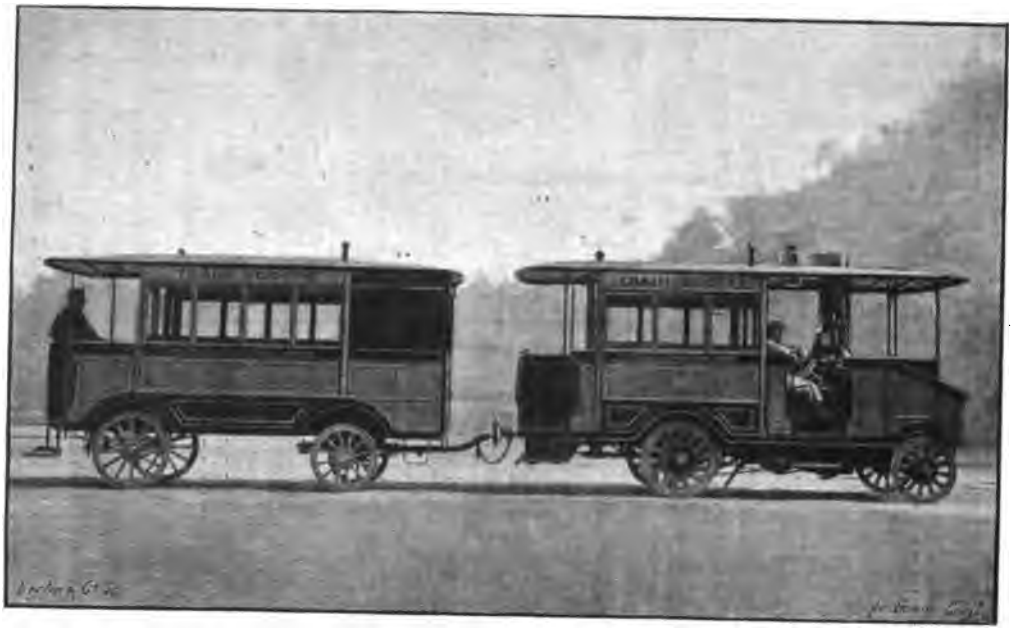


FIG. 21. — Train SCOTTE à voyageurs.

POIDS	TRACTEUR PORTEUR			VÉHICULE REMORQUÉ			TOTAUX pour LE TRAIN entier
	ROUES AVANT (directrices)	ROUES ARRIÈRE (motrices)	TOTAUX	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE	TOTAUX	
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide	2 270	1 980	4 350	830	800	1 630	5 980
En ordre de marche, savoir :							
Eau 650, Coke 120, Mécanicien 70, Chauffeur 70, Divers 40 (sur le tracteur)	2 620	2 680	5 300	800	900	1 700	7 000
Serre-frein 70 (sur la remorque)							
Charge utile	»	1 200	1 200	600	700	1 300	2 500
Poids total	2 620	3 880	6 500	1 400	1 600	3 000	9 500

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{2500}{7000} = 0{,}357.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{2500}{9500} = 0{,}263.$$

Roues. — Les indications relatives aux dimensions des roues se trouvent résumées dans le tableau suivant :

	TRACTEUR PORTEUR		VÉHICULE REMORQUÉ	
	roues avant	roues arrière	roues avant	roues arrière
Diamètre extérieur des roues	770 mm	900 mm	800 mm	900 mm
Largeur des bandages	75	110	55	55
Voies d'axe en axe	1 600	1 750	1540	1540

Toutes ces roues sont construites en bois, avec moyeux métalliques.

Encombrement. — Pour le *tracteur porteur*, la largeur, toutes saillies comprises, est de 1m 75, et la longueur de 5m 40, se décomposant ainsi :

Partie occupée par la chaudière, la machine et le coke . . Mètres.	1,60
Partie occupée par le mécanicien, conducteur et le chauffeur . . .	0,75
Partie occupée par les voyageurs à l'intérieur	2,20
Partie occupée par la plate-forme.	0,85
LONGUEUR TOTALE. . . . . Mètres.	5,40

Pour le *véhicule remorqué*, la longueur totale est de 4m 75, se décomposant ainsi :

Partie occupée par le compartiment des messageries et bagages. Mètres.	1,15
Partie occupée à l'intérieur par les voyageurs	2,45
Plate-forme.	1,15
LONGUEUR TOTALE. . . . . Mètres.	4,75

Pour le même véhicule, le porte à faux à l'avant de l'essieu directeur et celui à l'arrière de l'essieu arrière sont tous les deux de 1m 15.

Chaudière. — La chaudière est du système Field amélioré, comme celle de l'Omnibus (n° 1) de la même Société, précédemment décrit.

Son poids à vide est de 500 kilogr.; celui de l'eau, 60 kilogrammes.

Elle est timbrée à 12 kilogrammes.

Le temps nécessaire pour la mise en pression est de 35 minutes environ. Un souffleur permet d'obtenir un tirage forcé.

Les caisses à eau sont disposées sous les banquettes des voyageurs, dans le tracteur porteur (fig. 22).

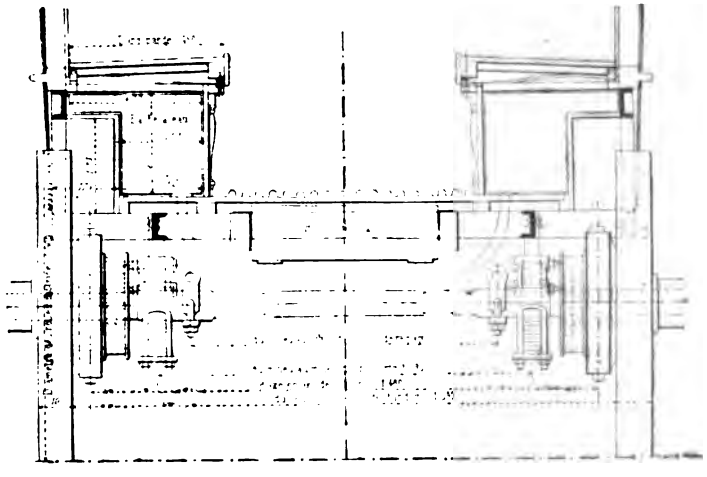


FIG. 22. — Disposition des bâches d'alimentation dans la caisse à voyageurs du tracteur porteur.

Coupe transversale suivant l'axe de l'essieu arrière.

Moteur. — Le moteur, du type pilon, est muni de deux cylindres verticaux, à double effet, d'un diamètre de 115 millimètres et d'une course de 120 millimètres.

Ses dispositions générales sont semblables à celles du moteur de l'Omnibus (n° 1) déjà décrit.

Le nombre de tours à la minute est de 400. A cette vitesse, la puissance développée est de 16 chevaux.

L'admission a lieu pendant 35 °/₀ de la course motrice en marche normale. Elle peut être portée à 75 °/₀ dans les rampes et pendant les démarrages.

Le poids de ce moteur est de 300 kilogrammes.

La vapeur s'échappe dans la cheminée de la chaudière.

Cette cheminée débouche, au-dessus du toit du tracteur porteur, dans une sorte de boîte métallique destinée à arrêter les escarbilles.

Transmission (fig. 23). — De même que dans l'Omnibus (n° 1) déjà décrit, l'arbre communique son mouvement à un arbre auxiliaire

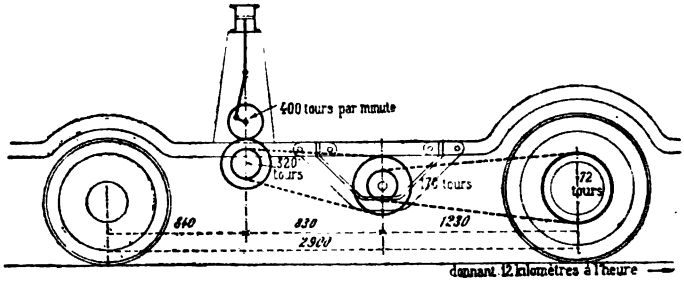


FIG. 23. — Schéma de la transmission (Tracteur porteur Scotte).

placé au-dessous, au moyen de l'un ou l'autre de deux systèmes de pignons, de sorte qu'on peut obtenir deux rapports de vitesse.

L'arbre auxiliaire transmet par une chaîne son mouvement à l'arbre du différentiel, placé plus en arrière sous le châssis.

Enfin, l'arbre du différentiel porte à chaque extrémité un pignon qui, par une chaîne, fait tourner la roue motrice du véhicule.

Ces roues n'ont pas de carrossage.

Direction. — Les appareils de direction sont également semblables à ceux de l'Omnibus de la même Société.

Freinage. — Les roues arrière du tracteur peuvent être enrayées au moyen des sabots dont le serrage est obtenu, soit par la manœuvre d'une vis, soit par une pédale agissant sur deux colliers enroulés autour des moyeux (système Lemoine).

Une chambrière empêche le recul dans les rampes.

Enfin la contre-vapeur peut être employée.

Le véhicule remorqué est muni d'un frein ordinaire à sabots.

Renseignements généraux. — Les pièces principales sont en acier et les coussinets en bronze. Toutes les pièces sont remplaçables par d'autres fabriquées à l'avance et pouvant être livrées de suite sur commande.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES *(Train Scotte à voyageurs).*

DATES	ITINÉRAIRES A	B	C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
5 août 1897.	»	2 550	»	Les 16 voyageurs (avec bagages) correspondraient à 2 000 kilogr. de charge utile.
6 —	»	»	2 380	
7 —	2 450	»	»	
9 —	»	2 390	»	
10 —	»	»	2 460	
11 —	2 530	»	»	

RENSEIGNEMENTS SUR LA CHAUDIÈRE *(Train Scotte à voyageurs).*

SURFACE DE LA GRILLE	PUISSANCE	COKE BRULÉ A L'HEURE par mètre carré de grille	POIDS DE L'EAU vaporisée par kilogr. de coke	DURÉE DE LA MISE en pression	CONSOMMATION pour L'ALLUMAGE
m²	ch.-vapeur	kilogr.	kilogr.	minutes	kilogr.
0,15	16	347	4,7	38	Bois. . . . 15 Coke . . . 30

Éléments de la vitesse commerciale *(Train Scotte à voyageurs).*

DATES	HEURES DE DÉPART	HEURES D'ARRIVÉE	DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS COMMANDÉS	NOMBRE DES ARRÊTS BRULÉS	NOMBRE DES ARRÊTS INCIDENTS DIVERS	DURÉE des ravitaillements et déjeuners	DURÉE des arrêts indépendants du véhicule
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
Itinéraire A									
7 août.	10 9	11 25	15 »	1 16	9	2	»	» 35	»
	12 »	1 17	12,500	1 17	12	»	»	1 37 (*a*)	»
	2 54	4 4	14 »	1 10	12	»	»	» »	»
			41,500	3 43					
11 août.	10 4	11 19	15 »	1 15	9	3	»	» 18	»
	11 37	12 45	12,300	1 8	11	»	»	1 39 (*a*)	»
	2 24	3 34	14 »	1 10	9	3	»	» »	»
			41,500	3 33					
Itinéraire B									
5 août.	10 4	11 22	17,000	1 18	4	»	»	1 24 (*a*)	»
	12 46	1 54	14,000	1 8	2	»	»	» 23	»
	2 17	3 59	15,500	1 41	4	»	1 (*b*)	» »	»
			46,500	4 7					
9 août.	9 40	10 58	17,000	1 18	4	»	»	1 26 (*a*)	»
	12 24	1 38	14,000	1 14	2	»	1 (*c*)	» 27	» 8 (*c*)
	2 5	3 40	15,500	1 35	3	1	2 (*d*)	» »	» 1
			46,500	4 7					
Itinéraire C									
6 août.	8 30	9 59	15,500	1 29	1	»	1 (*e*)	» 22	» 5 (*e*)
	10 21	11 59	14,500	1 38	3	»	1 (*f*)	1 35 (*a*)	»
	1 34	2 32	19,000	» 58	1	»	1 (*g*)	» 14	»
	2 46	3 47	10,000	1 1	1	»	»	» 19	»
	4 6	5 47	15,000	1 41	1	»	1 (*h*)	» »	» 6 (*h*)
			71,000	6 47					
10 août.	8 52	10 3	15,500	1 11	1	»	»	» 31	»
	10 34	11 39	14,500	1 5	1	»	»	1 24 (*a*)	»
	1 3	2 2	14,500	0 59	1	»	»	» 21	»
	2 23	3 18	10,000	0 55	1	»	»	» 20	»
	3 38	5 7	15,000	1 29	1	»	1 (*i*)	»	»
			66,500	5 39					

(*a*) On a déjeuné.
(*b* Un arrêt de 2 minutes 1/2 pour refaire un joint du cheval alimentaire.
(*c*) Arrêt de 8 minutes pour porter un cric à l'omnibus Scotte et l'aider à remettre en place la douille de sa directrice.
(*d*) Arrêt pour obstruction de la route, 1 minute; et un arrêt de 1 minute en bas du Cœur-Volant, pour reprendre de l'huile.
(*e*) Arrêt pour cause de route barrée.
(*f*) On retend les chaînes.
(*g*) On a pris une mauvaise direction qui a allongé le parcours de 4km 500, et fait perdre 20 minutes.
(*h*) Arrêt de 6 minutes pour cause d'encombrement de la route.
(*i*) Arrêt de 2 minutes pour graissage.

Calculs de la Commission

Éléments du calcul du Prix de revient *(Train Scotte à voyageurs).*

Prix du véhicule	Puissance du moteur	Vitesse commerciale à l'heure	Charge utile transportée U	Poids mort en ordre de marche P_m	Poids total au départ $P_t = U + P_m$	Poids mort moyen c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\ moy.}$	Poids total moyen $P_{t\ moy.} = U + P_{m\ moy}$	Poids total moyen par cheval-vapeur	Poids adhérent à pleine charge P_a	Rapport du poids adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	Rapport de la charge utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\ moy.}}$	Poids du coke brûlé pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	Poids du coke brûlé pour 1 tonne kilométr. de la charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$	Poids de l'eau vaporisée pour 1 kilogr. de coke	Poids de l'eau consommée pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen	Poids de l'eau consommée pour 1 tonne kilométr. de charge utile
fr.	ch.-vap.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
26 000	16	10 à 10,5	2 500	7 000	9 500	6 615	9 115	569	3 880	0,40	0,27	0,53	1,96	4,7	2,50	20,21

PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE DU TRANSPORT DU VOYAGEUR AVEC OU SANS BAGAGES *(Train Scotte à voyageurs).*

1° Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.

Matériel. . . .	Prix : 26 000 francs.						
	Intérêts à 6 °/₀.	1 560 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an.				Fr.	5,20
	Amortissements, entretien et réparations (15 °/₀) .	3 900	—	—	—	. . . . .	13 »
Personnel. . .	Conducteur-mécanicien .	200 francs par mois, soit par jour de travail, à raison de 25 jours par mois					8 »
	Chauffeur.	75	—	—	—	. . . . .	3 »
	Conducteur serre-frein .	125	—	—	—	. . . . .	5 »
Allumage.							1,35
Graissage et chiffons							3,50
						TOTAL. . . . . Fr.	39,05
Frais généraux 10 °/₀							3,90
						DÉPENSE JOURNALIÈRE FIXE . . . . . Fr.	42,95

2° Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.

Parcours journalier : 105 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	COKE CONSOMMÉ		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS
		POIDS	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	COKE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES		Voyageur-kilomètre avec bagages, ou 100 kilogr. de messageries	Voyageur-kilométr. sans bagages	
		kilogr.	fr.	lit.	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	fr.	
1/4 de charge . .	782	414	14,49	1 946	3,89	18,38	42,95	61,33	87	0,070	0,056	On compte, par tonne, 14 voyageurs sans bagages et 10 voyageurs avec bagages.
2/3 de charge . .	870	461	16,13	2 167	4,33	20,46	42,95	63,41	175	0,036	0,026	
Charge entière. .	957	507	17,75	2 383	4,78	22,53	42,95	65,48	262	0,025	0,018	

II. — TRANSPORT DES MARCHANDISES

1° Véhicules automoteurs à pétrole.

Camion de Dietrich (n° 8).

Ce véhicule à pétrole, qui était inscrit sous le n° 8, a été construit et présenté par MM. de Dietrich et Cie, Ingénieurs-constructeurs (1).

But, charge utile, prix. — Ce camion automoteur a été établi pour transporter une charge utile de 1 200 kilogr., à la vitesse de 16 kilomètres à l'heure en palier et de 4 kilomètres sur les fortes rampes.

D'après les constructeurs, la charge utile pourrait être portée à 1 500 kilogr., en palier, sur bonne chaussée empierrée bien sèche.

Il peut être livré au prix de 6 000 francs.

Description sommaire. — Comme le montrent les figures 24 et 25, le véhicule de MM. de Dietrich se compose essentiellement d'un cadre métallique rectangulaire reposant sur les essieux par l'intermédiaire des ressorts.

En dessous du châssis et entre les roues avant qui sont directrices, se trouve installé le moteur à essence dont la force est de 6,5 chevaux mesurée au frein.

Au-dessus se trouve le siège du mécanicien-conducteur, sous la main duquel sont groupés tous les leviers d'embrayage, de freins, de changement de vitesse, ainsi que le volant de direction.

Les transmissions de la force aux roues motrices se trouvent fixées au châssis entre ces roues.

Les dispositifs de changement de vitesse sont placés tout à fait à l'arrière du véhicule.

La charge utile se place sur le plancher (avec ou sans plats-bords, suivant le cas) qui se trouve sur le châssis, en arrière du siège du mécanicien-conducteur.

Elle se trouve ainsi supportée presque en entier par les roues motrices.

Le plancher est relativement très près du sol, pour faciliter le chargement des marchandises.

Sous le siège, qui est très large, sont placés trois réservoirs renfer-

(1) Ateliers à Lunéville (Meurthe-et-Moselle.)

mant respectivement : 70 litres d'eau, 31 litres d'essence à 710° et 5 litres d'huile.

Il s'y trouve aussi un coffre pour l'outillage.

Répartition des poids. — Le tableau ci-dessous indique la répartition de la charge sur les essieux :

POIDS		ROUES AVANT (DIRECTRICES)	ROUES ARRIÈRE (MOTRICES)	TOTAUX
		kilogr.	kilogr.	kilogr.
Poids à vide		»	»	1 130
En ordre de marche, savoir :	Conducteur . . . 70	400	900	1 300
	Eau 70			
	31 litres d'essence 22			
	Divers 8			
Charge utile		300	900	1 200
Poids total		700	1 800	2 500

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{1\,200}{1\,300} = 0{,}923.$$

Rapport de la *charge utile* au *poids total* :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{1\,200}{2\,500} = 0{,}480.$$

Roues. — Les indications relatives aux roues sont résumées dans le tableau suivant :

	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE
Diamètre moyen des fusées	45 millim.	65 millim.
Diamètre extérieur des roues	780	780
Largeur des bandages en acier	60	75
Voie d'axe en axe	1 200	1 200

La distance entre les deux essieux (empattement) est de 2 mètres. Elle peut facilement être augmentée.

Les roues sont en bois, avec moyeux métalliques.

Le porte à faux en arrière est de 850 millimètres.

La hauteur du plancher (camion-chargé) au-dessus du sol est de $0^m 88$.

FIG. 24. — Camion de DIETRICH.

Encombrement. — La largeur de la voiture, toutes saillies comprises, est de 1m 48. Sa longueur totale est de 3m 28, se décomposant ainsi:

Partie occupée par les appareils de conduite, ainsi que par le siège du mécanicien.	Mètres.	1,18
Partie occupée par le plancher de la charge utile.		2,10
LONGUEUR TOTALE	Mètres.	3,28

Moteur. — Le moteur est à essence, du système Amédée Bollée, du Mans, avec allumage par tubes incandescents. Sa puissance est de 6 1/2 chevaux.

Les cylindres, au nombre de deux, sont placés horizontalement. Ils sont à course concomitante et du cycle à quatre temps.

Leur diamètre est de 0m 095, et la longueur de course est de 0m 160.

Le nombre normal de tours est de 660 par minute.

Les cylindres sont à double enveloppe, l'espace intermédiaire étant rempli d'eau.

La chaleur développée vaporise cette eau et la vapeur ainsi formée s'échappe dans l'atmosphère (elle donne lieu à un nuage assez visible).

Un dispositif, consistant en un flotteur et un obturateur à pointe, maintient constante la hauteur d'eau dans l'enveloppe.

La réserve d'eau est contenue dans un réservoir placé sous le siège du conducteur. Elle arrive au moteur directement, en vertu de la gravité et sans l'intermédiaire d'une pompe alimentaire.

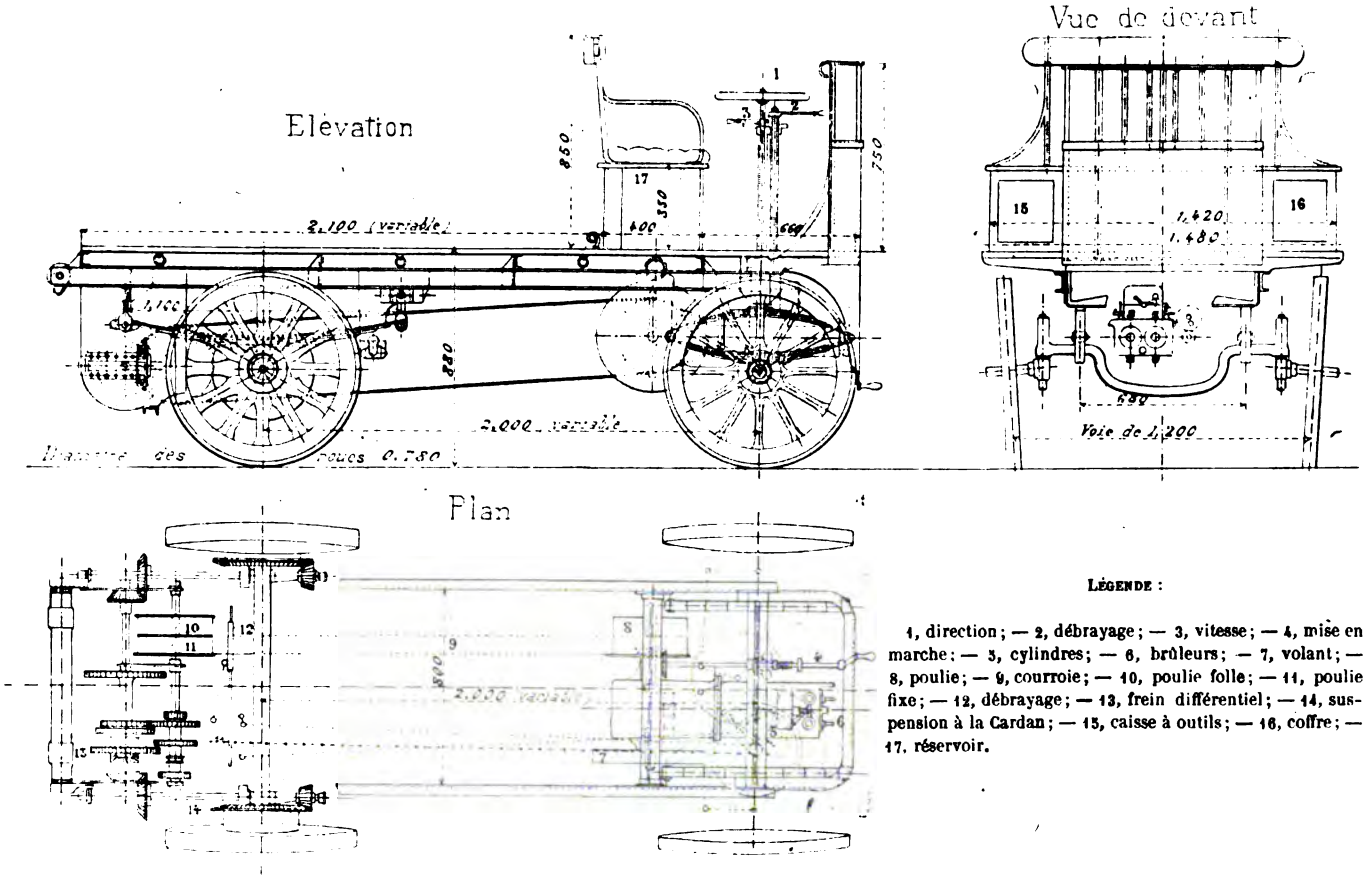
De l'ensemble de ces dispositions, il résulte que le moteur fonctionne à une température sensiblement constante.

Les bielles des deux cylindres ont des mouvements concomitants; elles attaquent le vilebrequin sur un seul coude. Il y a donc une explosion par tour du moteur.

Quand l'effort que l'on demande au moteur vient à diminuer, un régulateur l'empêche de dépasser sa vitesse normale.

Le moteur, les bielles et l'arbre vilebrequin sont enfermés dans un carter clos fixé par quelques boulons au châssis qui sert de bâti. On y introduit de temps en temps de l'huile pour assurer le graissage des paliers, des bielles, des cylindres. La visite des soupapes se fait aisément.

Transmission. — L'arbre moteur est horizontal et normal à l'axe du véhicule; il porte une poulie sur laquelle est tendue une courroie de largeur moitié. Cette courroie passe sur une autre poulie sensiblement de même diamètre, calée sur un arbre parallèle à l'arbre moteur et



LÉGENDE :

1, direction ; — 2, débrayage ; — 3, vitesse ; — 4, mise en marche ; — 5, cylindres ; — 6, brûleurs ; — 7, volant ; — 8, poulie ; — 9, courroie ; — 10, poulie folle ; — 11, poulie fixe ; — 12, débrayage ; — 13, frein différentiel ; — 14, suspension à la Cardan ; — 15, caisse à outils ; — 16, coffre ; — 17, réservoir.

FIG. 25. — Élévation longitudinale, vue en bout et plan du Camion de DIETRICH.

situé vers l'arrière du camion. Une deuxième poulie folle est placée à côté. La largeur de chacune d'elles est égale à celle de la courroie.

C'est par cette courroie, dont la vitesse est à peu près constante, que s'obtiennent l'embrayage et le débrayage du moteur avec le reste de la transmission.

Cette courroie en caoutchouc est animée d'une vitesse de 10 mètres par seconde. Sa section est de $75^{mm} \times 7^{mm}$, et sa longueur de 4^{m} 30. Elle est soumise à un effort de traction de 48 kilogr. Après 400 kilomètres, elle éprouve un allongement total de 20 millimètres, après quoi, elle ne bouge plus. Pour la raccourcir, on se sert de boulons spéciaux que l'on passe à travers des trous percés à l'avance dans les deux bouts de la courroie.

Les organes servant à obtenir différents rapports de vitesses de rotation entre l'arbre moteur et les roues du véhicule sont placés en dessous du châssis, à l'arrière. Ils se composent de deux arbres parallèles et horizontaux reliés par des équipages d'engrenages permettant d'obtenir 4 vitesses avant de 4, 7, 12, 16 kilomètres et une vitesse arrière de 4 kilomètres.

Le dernier arbre porte le différentiel et un frein à ruban. A ses deux extrémités, il se termine par des pignons d'angle. Chacun de ceux-ci engrène avec un autre pignon d'angle calé sur un arbre placé dans le sens de la longueur du véhicule. Cet arbre porte à son autre extrémité un deuxième pignon d'angle qui engrène avec une couronne dentée fixée sur la roue du véhicule.

Chacun de ces deux arbres longitudinaux est brisé deux fois par des joints à la cardan, de façon que, lorsque les ressorts du véhicule fléchissent, l'arbre peut prendre toutes les inclinaisons nécessaires.

Il faut remarquer que, du fait de cette flexion, la transmission ne subit aucune variation d'efforts.

Ce système permet l'emploi de roues carrossées.

Tout cet ensemble est protégé d'une façon rudimentaire contre la poussière par des enveloppes en tôle que l'on peut facilement enlever pour graisser et inspecter les différentes parties de la transmission.

Appareils de conduite. — Ces appareils comprennent : un volant de direction, un levier d'embrayage qui peut, en même temps, serrer le frein, un levier de changement de vitesse, enfin deux manettes agissant l'une sur la vitesse du moteur, l'autre sur le réglage du carburateur.

Tous ces appareils, convenablement groupés sous la main du mécanicien-conducteur, sont combinés de manière que le moteur soit forcément débrayé quand on serre le frein ou quand on change la vitesse.

L'essieu avant est muni, à ses deux extrémités de pivots autour desquels les roues avant peuvent tourner afin de prendre les inclinaisons voulues pour assurer les virages du véhicule.

Les bielles de direction sont articulées sur des rotules en acier trempé et pressées par un ressort de façon à éviter le ferraillement.

Freinage. — En dehors du frein à ruban, agissant sur l'arbre qui porte le différentiel, le camion est pourvu d'un frein puissant à sabots, agissant sur les bandages des roues, qui est mis en action par un levier à main.

De plus, une béquille s'oppose à tout recul intempestif en rampe.

Renseignements généraux. — Les pièces principales sont en acier cémenté et trempé; les coussinets sont en bronze phosphoreux.

Toutes les pièces sont démontables et remplaçables par des pièces de rechange préparées à l'avance et livrables de suite sur commande.

D'après les constructeurs, la consommation d'essence de pétrole, marquant de 700° à 710°, serait d'environ 1 litre par kilomètre, et la dépense en eau de 1 litre par 4 kilomètres.

Les approvisionnements indiqués plus haut permettraient donc de faire 70 kilomètres sans aucun ravitaillement.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES (*Camion de Dietrich*).

DATES	ITINÉRAIRES A	B	C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
5 août 1897.	»	»	1 183	D'après les constructeurs, la charge normale devait être de 1 200 kilogrammes.
6 —	1 200	»	»	
7 —	»	1 180	»	
9 —	»	»	1 180	
10 —	1 170	»	»	
11 —	»	1 180	»	

Éléments de la vitesse commerciale *(Camion de Dietrich)*.

DATES	HEURES		DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS			DURÉE	
	DE DÉPART	D'ARRIVÉE			COMMANDÉS	BRULÉS	INCIDENTS DIVERS	des ravitaillements et déjeuners	des arrêts indépendants du véhicule
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
			ITINÉRAIRE A						
6 août.	9 15	10 35	15,000	1 20	11	»	2a+1b	» 25 (c)	»
	11 »	12 10	12,500	1 10	12	»	2 (a)	» 9	»
	12 19	1 27	14,000	1 8	12	»	1 (b)	» »	»
			41,500	3 38					
10 août.	9 19	10 37	15,000	1 18	11	»	3 (b)	» 32 (c)	»
	11 9	12 14	12,500	1 5	12	»	1 (b)	» 7	»
	12 21	1 39	14,000	1 18	12	»	2 (b)	» »	»
			41,500	3 41					
			ITINÉRAIRE B						
7 août.	8 30	9 56	17,000	1 26	4	»	3 (a)	» 13	»
	10 9	12 58	14,000	2 49	2	»	1 (d)	» 2	» 40
	1 »	3 2	15,500	2 2	4	»	1 (e)	» »	»
			46,500	6 17					
11 août.	8 19	9 30	17,000	1 11	3	1	2 (b(f)	» 10	»
	9 40	11 7	14,000	1 27	2	»	2 (b(a)	» 4	»
	11 11	1 20	15,500	2 9	4	»	2 (a)	» »	»
			46,500	4 47					
			ITINÉRAIRE C						
5 août.	8 15	9 58	15,500	1 43	1	»	5 (f(b)	» 22	»
	10 20	11 45	11,500	1 25	1	»	1 (b)	1 20 (k)	»
	1 5	2 3	14,500	» 58	1	»	»	» 5	»
	2 8	3 54	10,000	1 46	»	1	1 (g)	» 4	»
	3 58	6 12	15,000	2 14	1	»	1 (b)	» »	»
			66,500	8 6					
9 août.	8 6	11 18	15,500	3 12	1	»	10(b(a)	» 9	»
	11 27	1 »	11,500	1 33	1	»	3 (b)	» 54 (k)	»
	1 54	2 51	14,500	» 57	1	»	1 (h)	» 6	»
	2 57	3 59	12,000	1 2	1	»	1 (i)	» 14	» 9 (i)
	4 13	5 40	15,000	1 27	1	»	3 (j)	» »	» 28 (j)
			68,500	8 11					

(a) Arrêt pour extinction de brûleurs.
(b) Arrêt pour graissage.
(c) Outre le ravitaillement, on a procédé à la visite et à de petites réparations.
(d) Le frein se brise à Rueil; sa réparation dure 21 minutes. On profite de cet arrêt pour déjeuner, ce qui le prolonge de 40 minutes en plus des 21 minutes employées à la réparation.
(e) Dans la rampe du Cœur-Volant, le moteur s'arrête plusieurs fois par suite de mauvaise carburation. On graisse plusieurs fois.
(f) Arrêt pour régler le carburateur.
(g) Par erreur on suit la route pavée et très mauvaise d'Orsay à Palaiseau. Il en résulte un retard notable.
(h) Arrêt pour prendre de l'eau.
(i) Fausse direction dans Orsay, on fait 2 kilomètres en plus, et on perd 9 minutes.
(j) Un des arrêts qui a duré 28 minutes est dû à la fermeture d'un passage à niveau, les autres employés à graisser et à resserrer la direction.
(k) On a déjeuné.

Calculs de la Commission.

ÉLÉMENTS DU CALCUL DU PRIX DE REVIENT *(Camion de Dietrich)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL à pleine charge $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements P_m moy.	POIDS TOTAL MOYEN P_t moy. $= U + P_m$ moy.	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de LA CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_t \text{ moy.}}$	QUANTITÉ d'essence brûlée pour 1 tonne kilométrique du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	VOLUME d'essence brûlée pour 1 tonne kilométrique de charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$	VOLUME D'EAU consommée par litre d'essence
fr.	ch.-vapeur	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	. . . .	. . . .	litres	litres	litres
6 000	6,5	8 à 9	1 200	1 300	2 500	1 254	2 454	377	1 800	0,72	0,49	0,115	0,235	9

Prix de revient du transport de la tonne kilométrique *(Camion de Dietrich)*.

1° Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge.

Matériel. . . .	Prix : 6 000 francs.		
	Intérêts et amortissement, 10 %. . . .	600 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an . . . Fr.	2 »
	Entretien et réparations, 11 %. . . .	660 — — —	2,20
Personnel. . . .	Conducteur-mécanicien.	200 francs par mois, soit par jour de travail, à raison de 25 jours par mois	8 »
Graissage et chiffons.			1 »
		Total. . . . . Fr.	13,20
Frais généraux, 10 %.			1,32
		Dépense journalière fixe . . . . . Fr.	14,52

2° Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.

Parcours journalier : 90 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	ESSENCE CONSOMMÉE		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT DE LA TONNE kilométrique utile	OBSERVATIONS
		VOLUME	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	ESSENCE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES			
		litres	fr.	litres	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	
1/3 de charge. . . .	149	17,13	6,85	153	0,15	7 »	14,52	21,52	36	0,597	
2/3 de charge. . . .	185	21,27	8,51	189	0,19	8,70	14,52	23,22	72	0,322	
Charge entière . . .	221	25,41	10,16	225	0,22	10,38	14,52	24,90	108	0,230	

2° Véhicules automoteurs à vapeur en remorquant d'autres.

Train à marchandises Scotte (N° 2).

Ce véhicule, qui était inscrit sous le n° 2, a été construit et présenté par la Société des Chaudières et Voitures à vapeur, système Scotte.

But, charge utile, prix. — Ce train à vapeur a été établi en vue du transport des marchandises par masses divisibles; il peut porter 4 200 kilogr., dont 2 500 sur le tracteur porteur et 1 700 sur le camion remorqué (1).

La vitesse peut, sur bonne chaussée, s'élever à 10 kilomètres à l'heure en palier; elle est réduite à 5 kilomètres sur de fortes rampes.

Les constructeurs peuvent livrer ce train pour le prix de 24 000 fr., dont 22 000 pour le tracteur porteur et 2 000 pour le camion remorqué.

Description sommaire. — Comme on le voit sur la figure 26 ci-jointe, ce train se compose d'un tracteur porteur entièrement semblable à celui du train à voyageurs de la même Société, en ce qui concerne la partie antérieure où sont placés la chaudière, la machine, le coke, le conducteur-mécanicien et le chauffeur; au contraire, la partie postérieure a été transformée en un tombereau à ridelles pour recevoir des marchandises au lieu de voyageurs.

Le mécanicien et le chauffeur sont protégés contre les intempéries par un toit qui ne recouvre pas la partie du tracteur destinée à recevoir les marchandises.

Les caisses à eau, qui sont très vastes, sont placées sous le plancher de la partie postérieure.

Naturellement, les ressorts sont beaucoup plus durs que ceux du tracteur à voyageurs.

Quant au camion substitué à l'omnibus remorqué, c'est un camion ordinaire, loué chez un industriel qui se charge de la fourniture et de l'entretien à forfait de ces véhicules: c'est ce qui explique sa construction massive et pesante. On y a simplement remplacé le timon par un petit bras portant un anneau traversé par la tige

(1) C'est ce qui a été transporté pendant le concours. Sur des parcours moins durs, la charge aurait pu être notablement augmentée.

verticale de la fourche d'amarrage installée à l'arrière du tracteur porteur.

Le timon est muni d'une articulation lui permettant de se déplacer dans un plan vertical, de façon que les discordances de cahots des deux véhicules ne tendent pas à le briser.

Il convient de remarquer qu'il est possible d'atteler, derrière le tracteur, toutes espèces de véhicules de formes particulières appropriées à des transports spéciaux.

Répartition des poids. — Le tableau ci-dessous indique la répartition de la charge sur les essieux :

POIDS	TRACTEUR PORTEUR			CAMION			TOTAUX pour LE TRAIN entier
	ROUES AVANT (directrices)	ROUES ARRIÈRE (motrices)	TOTAUX	ROUES AVANT	ROUES ARRIÈRE	TOTAUX	
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
A vide	2 100	2 260	4 360	950	810	1 760	6 120
En ordre de marche, savoir :							
Eau. . . . 860							
Coke . . . 120							
1 mécanicien . 70							
1 chauffeur. . 70	2 490	3 230	5 720	1 037	793	1 830	7 550
Divers . . 240							
1 serre-frein 70							
Charge utile.	»	2 500	2 500	600	1 100	1 700	4 200
Poids total	2 490	5 730	8 220	1 580	1 730	3 530	11 750

Le rapport de la *charge utile* au *poids mort* en ordre de marche de l'ensemble est :

$$\frac{U}{P_m} = \frac{4\,200}{7\,550} = 0{,}541.$$

Le rapport de la *charge utile* au *poids total* de l'ensemble est :

$$\frac{U}{P_t} = \frac{4\,200}{11\,750} = 0{,}357.$$

Roues. — Les indications concernant les roues sont résumées dans tableau suivant :

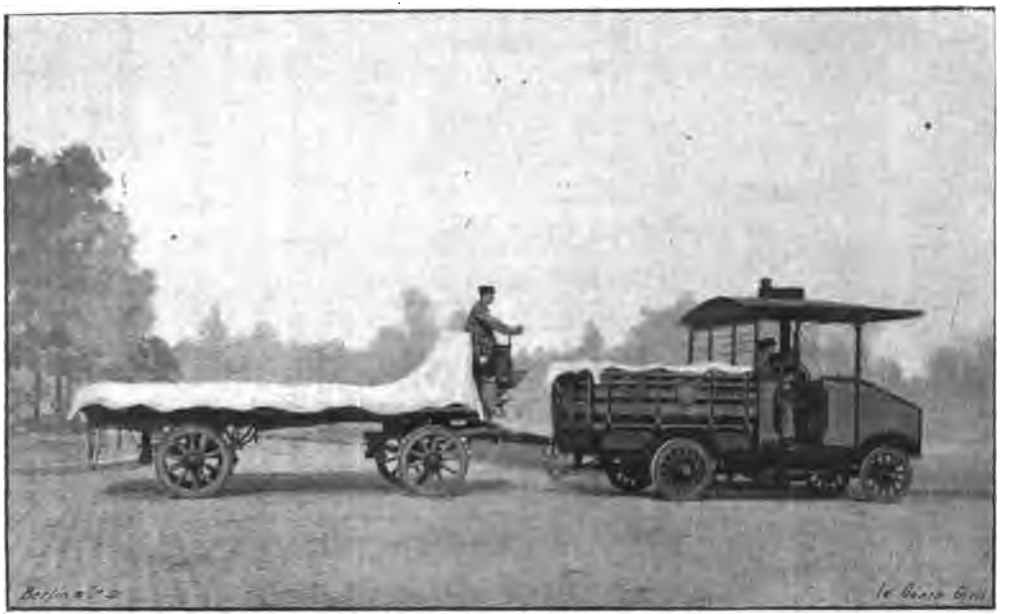


FIG. 26. — Train SCOTTE à marchandises.

	ROUES DU TRACTEUR		ROUES DU CAMION	
	AVANT	ARRIÈRE	AVANT	ARRIÈRE
Diamètre extérieur	750 millim.	800 millim.	850 millim.	850 millim.
Largeur des bandages	80	120	80	80
Voie d'axe en axe	1 600	1 750	1 680	1 700
Empattement	2 900		2 700	

Toutes ces roues sont en bois, avec moyeux métalliques.

Encombrement. — La largeur du *tracteur*, toutes saillies comprises, est de 1m 75. Sa longueur totale est de 4m 65, se décomposant ainsi :

Chaudière, machine, coke	Mètres.	1,60
Siège du conducteur-mécanicien, chauffeur, etc.		0,75
Plate-forme à ridelles pour marchandises		2,30
LONGUEUR TOTALE . .	Mètres.	4,65

La largeur du *camion*, toutes saillies comprises, est de 1m 60. Sa longueur totale est de 4m 70, se décomposant ainsi :

Siège du conducteur serre-frein.	Mètres.	0,30
Plate-forme		4,40
LONGUEUR TOTALE . .	Mètres.	4,70

Le porte à faux à l'avant de la cheville ouvrière est de 0m 80, et celui à l'arrière de l'essieu arrière est de 1m 20.

La hauteur de la plate-forme au-dessus du sol est de 1m 15.

Freinage. — Le tracteur est muni de sabots agissant sur les roues arrière ; ils peuvent être serrés soit par la manœuvre d'une vis, soit par celle d'une pédale qui provoque l'enroulement de colliers sur les moyeux des roues (système Lemoine). Sur le camion, un homme manœuvre un frein à sabots. Enfin, une béquille empêche tout recul du tracteur dans les rampes.

Moteur, chaudières, transmissions, direction. — Toutes ces parties sont identiques à celles du tracteur du train à voyageurs. Il n'existe de différences que pour les vitesses qui sont ici de 10 et 5 kilomètres à l'heure, au lieu de 12 et 6 kilomètres, pour le même nombre (400) de tours à la minute du moteur.

De même, les *renseignements généraux* sont identiques à ceux donnés pour l'omnibus de la même Société.

FIG. 27. — Train SCOTTE à marchandises.

Constatations des Commissaires pendant le Concours.

CHARGES UTILES *(Train Scotte à marchandises)*.

DATES	ITINÉRAIRES A	B	C	OBSERVATIONS
	kilogr.	kilogr.	kilogr.	
5 août 1897.	»	4 050	»	Les constructeurs annoncent la possibilité de transporter une charge plus forte sur des parcours moins durs.
6 —	»	»	4 200	
7 —	4 500	»	»	
9 —	»	4 000	»	
10 —	»	»	4 000	
11 —	4 000	»	»	

RENSEIGNEMENTS SUR LA CHAUDIÈRE *(Train Scotte à marchandises)*.

SURFACE DE LA GRILLE	PUISSANCE	COKE BRULÉ A L'HEURE par mètre carré de grille	POIDS DE L'EAU vaporisée par kilogr. de coke	DURÉE DE LA MISE en pression	CONSOMMATION pour L'ALLUMAGE
m²	ch.-vapeur	kilogr.	kilogr.	minutes	Bois . . 15 kilogr.
0,15	16	213	5,5	38	Coke . . 30 —

ÉLÉMENTS DE LA VITESSE COMMERCIALE *(Train Scotte à marchandises)*.

DATES	HEURES DE DÉPART	HEURES D'ARRIVÉE	DISTANCE	DURÉE	NOMBRE DES ARRÊTS COMMANDÉS	NOMBRE DES ARRÊTS BRULÉS	NOMBRE DES ARRÊTS INCIDENTS DIVERS	DURÉE des ravitaillements et déjeuner	DURÉE des arrêts indépendants de la volonté
	h. m.	h. m.	kilom.	h. m.				h. m.	h. m.
ITINÉRAIRE A									
7 août.	9 19	11 16	15,000	1 57	10	1	2 (*a*)	» 31	»
	11 47	1 36	12,500	1 49	5	7	1 (*b*)	1 48 (*f*)	»
	3 24	5 19	14,000	1 55	5	7	»	» »	»
			41,500	5 41					
11 août.	8 12	10 10	15,000	1 58	11	»	3 (*c*)	» 38	»
	10 48	12 26	12,500	1 38	12	»	1 (*d*)	1 45 (*f*)	»
	2 11	4 8	14,000	1 57	12	»	1 (*e*)	» »	»
			41,500	5 33					
ITINÉRAIRE B									
5 août.	8 45	10 45	17,000	2 »	2	2	»	» 30	»
	11 15	1 »	14,000	1 45	2	»	»	» 53 (*i*)	»
	1 53	4 10	15,500	2 17	4	»	»	» »	»
			46,500	6 2					
9 août.	8 32	10 22	17,000	1 50	4	»	»	» 33	»
	10 35	12 45	14,000	1 50	2	»	1 (*g*)	1 11 (*f*)	»
	1 56	4 44	15,500	2 48	4	»	2 (*h*)	» »	»
			46,500	6 28					
ITINÉRAIRE C									
6 août.	8 15	10 24	15,500	2 9	2	»	1	» 26	»
	10 50	1 10	11,500	2 20	1	»	3 (*j*)	1 20 (*f*)	» 6 (*n*)
	2 30	4 8	14,500	1 38	1	»	»	» 32	»
	4 40	5 58	10,000	1 18	1	»	»	» 26	»
	6 24	8 40	15,000	2 16	1	»	1	» »	» 9 (*o*)
			66,500	9 41					
10 août.	8 16	10 33	15,500	2 17	1	»	2 (*k*)	» 37	»
	11 10	1 10	11,500	2 »	1	»	4 (*l*)	1 33 (*f*)	»
	2 43	4 21	14,500	1 38	1	»	2 (*j*)	» 44	»
	5 5	6 44	10,000	1 39	1	»	1 (*m*)	» 29	»
	7 13	9 45	15,000	2 32	1	»	4 (*m*)	» »	»
			66,500	10 6					

(*a*) Un arrêt de 2 minutes pour graisser les chaînes, et un arrêt de 4 minutes pour remonter la pression.
(*b*) Petite avarie au timon du camion remorqué, due à un recul du tracteur.
(*c*) Trois arrêts en cours de route pour changer une goupille, graisser, etc.
(*d*) Arrêt pour graissage.
(*e*) Arrêt pour remettre du sable dans la sablière.
(*f*) On a déjeuné; de plus il a fallu laisser reposer les chevaux du landau dans lequel le commissaire suivait le camion.
(*g*) Arrêt de 3 minutes pour faire remonter la pression avant la rampe de la Tuilerie.
(*h*) Arrêt de 5 minutes avant le Cœur-Volant pour remettre du coke dans les soutes, et 10 minutes d'arrêt presqu'en haut de la même rampe, pour remettre une goupille au changement de marche.
(*i*) On a déjeuné.
(*j*) Arrêts de quelques minutes pour graissage, etc.
(*k*) Un arrêt pour graissage, et un pour prendre de l'eau à Voisins-le-Bretonneux.
(*l*) Arrêts pour cause de graissage, et pour remonter la pression.
(*m*) Arrêts pour remplacer une goupille.
(*n*) Perte de 6 minutes, par suite d'une fausse indication donnée au mécanicien.
(*o*) Fermeture de passage à niveau.

Calculs de la Commission.

ÉLÉMENTS DU CALCUL DU PRIX DE REVIENT *(Train Scotte à marchandises)*.

PRIX du VÉHICULE	PUISSANCE du MOTEUR	VITESSE COMMERCIALE à l'heure	CHARGE UTILE transportée U	POIDS MORT en ordre de marche P_m	POIDS TOTAL au départ $P_t = U + P_m$	POIDS MORT MOYEN c'est-à-dire avec moitié des approvisionnements $P_{m\,moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN $P_{t\,moy.} = U + P_{m\,moy.}$	POIDS TOTAL MOYEN par cheval-vapeur	POIDS ADHÉRENT à pleine charge P_a	RAPPORT DU POIDS adhérent au poids total $\frac{P_a}{P_t}$	RAPPORT de LA CHARGE utile au poids total moyen $\frac{U}{P_{t\,moy.}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen $\frac{C}{T_{kt}}$	POIDS DU COKE BRULÉ pour 1 tonne kilométr. de la charge utile $\frac{C}{T_{ku}}$	POIDS DE L'EAU vaporisée pour 1 kilogr. de coke	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. du poids total moyen	POIDS DE L'EAU CONSOMMÉE pour 1 tonne kilométr. de charge utile
fr.	ch.-vap.	kilom.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.			kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
24 000	46	6,5 à 7	4 200	7 550	11 750	7 060	11 260	716	5 730	0,48	0,37	0,53	1,43	3,5	2,91	7,865

Prix de revient du transport de la tonne kilométrique (*Train Scotte à marchandises*).

1° *Dépenses journalières fixes à peu près indépendantes de la charge*

Matériel.	Prix : 24 000 francs.					
	Intérêts et amortissement, 10 °/₀ . .	2 400 francs, soit pour une journée de travail, à raison de 300 jours par an. . . .			Fr.	8 »
	Entretien et réparations, 11 °/₀. . .	2 640	—	—	—	8,80
Personnel. . . .	Conducteur-mécanicien.	200 francs par mois, soit par jour de travail, à raison de 25 jours par mois				8 »
	Chauffeur	75	—	—	—	3 »
	Conducteur serre-frein	125	—	—	—	5 »
Allumage						1,35
Graissage, chiffons.						3,50
					Total. . . . . Fr.	37,65
Frais généraux 10 °/₀						3,76
					Dépense journalière fixe . . . . . Fr.	41,41

2° *Dépenses variables avec la charge et Prix de revient.*

Parcours journalier : 70 kilomètres.

CHARGEMENT	TONNES KILOMÉTR. totales	COKE CONSOMMÉ		EAU CONSOMMÉE		DÉPENSES JOURNALIÈRES			TONNES KILOMÉTR. utiles par jour	PRIX DE REVIENT DE LA TONNE kilométrique utile	OBSERVATIONS
		POIDS	DÉPENSES	VOLUME	DÉPENSES	COKE ET EAU	PARTIE FIXE	TOTALES			
		kilogr.	fr.	litres	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.	
1/3 de charge. . . .	592	314	10,99	1 727	3,45	14,44	41,41	55,85	98	0,570	
2/3 de charge. . . .	690	366	12,81	2 013	4,03	16,84	41,41	58,25	196	0,297	
Charge entière . . .	788	418	14,63	2 299	4,60	19,23	41,41	60,64	294	0,206	

CONCLUSIONS

Le programme du concours porte qu'il ne sera point fait de rapprochements entre les divers véhicules. Nous le regrettons, car il nous eût été possible, — sans chercher à établir un classement entre les concurrents, — de faire une étude comparative des différents dispositifs employés par les constructeurs pour résoudre le problème. Nous aurions pu faire saisir les difficultés à vaincre, les progrès à accomplir et la voie à suivre pour doter l'automobilisme d'instruments satisfaisant, en toutes leurs parties, aux desiderata de l'industrie des transports.

Toutefois, pour la commodité des recherches, nous croyons pouvoir réunir en un seul tableau (V. page suivante) tous les prix de revient trouvés pour les différents véhicules.

Nous croyons utile de répéter, encore une fois ici, que les prix de revient calculés plus haut ne s'appliquent qu'à des véhicules circulant dans des conditions comparables à celles du concours, tant au point de vue de la nature et du profil des itinéraires qu'au point de vue des vitesses qu'il serait possible d'adopter. En effet, pendant le concours, les concurrents ont joui d'une liberté absolue d'allure, toute naturelle dans un service en rase campagne, mais inadmissible dans l'exploitation de services urbains soumis à de bien autres sujétions. Nous mettons donc le lecteur en garde contre des calculs qui seraient basés sur ces chiffres appliqués sans une sérieuse étude préalable des itinéraires et des exigences spéciales de l'exploitation que l'on aurait en vue.

Quelques-uns des prix de revient inscrits dans le tableau ci-après auraient été certainement plus avantageux, si les constructeurs de ces véhicules avaient mieux compris le véritable but du concours. Probablement afin de gagner quelques minutes sur la durée des parcours, ils ont profité du minimum d'une tonne de charge utile imposé par le programme, pour placer sur leurs véhicules des charges notablement inférieures à ce qu'ils déclarent par ailleurs être leurs charges normales. Ils sont ainsi parvenus à augmenter la vitesse qui avait servi de base aux calculs d'établissement du véhicule; mais ils en ont, à leur détriment, faussé le rendement économique.

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUES DU TRANSPORT DU VOYAGEUR AVEC OU SANS BAGAGES, DE 100 KILOGR. DE MESSAGERIES ET DE LA TONNE DE MARCHANDISES, POUR LES DIVERS VÉHICULES DU CONCOURS DES POIDS LOURDS.

	VOYAGEURS ET MESSAGERIES								MARCHANDISES	
	Omnibus **Scotte** *(à vapeur)*		Omnibus **de Dion et Bouton** *(à vapeur)*		Omnibus **Panhard et Levassor** *(à pétrole)*		Véhicule à bogie moteur **de Dion et Bouton** *(à vapeur)*		Train à voyageurs **Scotte** *(à vapeur)*		Camion automoteur **de Dietrich** *(à pétrole)*	Train à marchandises **Scotte** *(à vapeur)*
Force en chevaux-vapeur	14 ch.-vap.		25 ch.-vap.		12 ch.-vap.		35 ch.-vap.		16 ch.-vap.		6,5 ch.-vap.	16 ch.-vap.
Charge utile	1 200 kilogr.		1 120 kilogr.		1 000 kilogr.		2 500 kilogr.		2 500 kilogr.		1 200 kilogr.	4 200 kilogr.
Vitesse commerciale à l'heure . .	10,5 à 11 kilom.		14 à 14,5 kilom.		10 à 10,5 kilom.		10 à 10,8 kilom.		10 à 10,5 kilom.		8 à 9 kilom.	6,5 à 7 kilom.
Parcours journalier possible. . .	110 kilom.		145 kilom.		105 kilom.		108 kilom.		105 kilom.		90 kilom.	70 kilom.
CHARGEMENT	PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE de la tonne de marchandises	PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE de la tonne de marchandises
	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages		
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1/3 de charge	0,110	0,079	0,089	0,063	0,122	0,087	0,067	0,048	0,070	0,050	0,597	0,570
2/3 de charge	0,057	0,040	0,045	0,032	0,064	0,046	0,034	0,025	0,036	0,026	0,322	0,297
Charge entière	0,039	0,028	0,030	0,022	0,045	0,032	0,023	0,017	0,025	0,018	0,230	0,206

NOTA. — Avec la *traction animale*, on peut compter de 0 fr. 10 à 0 fr. 12 pour le transport kilométrique du voyageur, avec ou sans bagages, par voitures publiques, et 0 fr. 30 pour le transport kilométrique d'une tonne de marchandises par service de roulage.

Quoiqu'il en soit, les prix de revient calculés montrent que, dès aujourd'hui, la traction mécanique sur routes est en état d'assurer, avec un bénéfice notable, des services de transports réguliers de voyageurs et même de marchandises.

Par exemple : soit un service de ce genre à établir entre une gare et une localité située à une distance que, pour fixer les idées, nous supposerons de 15 kilomètres. Admettons un trafic journalier d'une quarantaine de voyageurs avec bagages, ainsi que quelques messageries et 8 tonnes de marchandises.

FIG. 28. — Omnibus DE DION et BOUTON.

Pour les voyageurs et les messageries, les cahiers des charges des tramways stipulent les prix de :

Voyageurs de 1re classe	Fr. 0,10	par kilomètre
— 2e —	0,06	—
La tonne de messagerie.	0,36	—

Quant aux marchandises, ordinairement elles paient, sur les tramways :

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUES DU TRANSPORT DU VOYAGEUR AVEC OU SANS BAGAGES, DE 100 KILOGR. DE MESSAGERIES ET DE LA TONNE DE MARCHANDISES, POUR LES DIVERS VÉHICULES DU CONCOURS DES POIDS LOURDS.

	VOYAGEURS ET MESSAGERIES								MARCHANDISES	
	Omnibus **Scotte** *(à vapeur)*		Omnibus **de Dion et Bouton** *(à vapeur)*		Omnibus **Panhard et Levassor** *(à pétrole)*		Véhicule à bogie moteur **de Dion et Bouton** *(à vapeur)*		Train à voyageurs **Scotte** *(à vapeur)*		Camion automoteur **de Dietrich** *(à pétrole)*	Train à marchandises **Scotte** *(à vapeur)*
Force en chevaux-vapeur	14 ch.-vap.		25 ch.-vap.		12 ch.-vap.		35 ch.-vap.		16 ch.-vap.		6,5 ch.-vap.	16 ch.-vap.
Charge utile	1 200 kilogr.		1 120 kilogr.		1 000 kilogr.		2 500 kilogr.		2 500 kilogr.		1 200 kilogr.	4 200 kilogr.
Vitesse commerciale à l'heure	10,5 à 11 kilom.		14 à 14,5 kilom.		10 à 10,5 kilom.		10 à 10,8 kilom.		10 à 10,5 kilom.		8 à 9 kilom.	6,5 à 7 kilom.
Parcours journalier possible	110 kilom.		145 kilom.		105 kilom.		108 kilom.		105 kilom.		90 kilom.	70 kilom.
CHARGEMENT	PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE		PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE de la tonne de marchandises	PRIX DE REVIENT KILOMÉTRIQUE de la tonne de marchandises
	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages	Voyageur avec bagages, ou 100 kg. de messageries	Voyageur sans bagages		
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1/3 de charge	0,110	0,079	0,089	0,063	0,122	0,087	0,067	0,048	0,070	0,050	0,597	0,570
2/3 de charge	0,057	0,040	0,045	0,032	0,064	0,046	0,034	0,025	0,036	0,026	0,322	0,297
Charge entière	0,039	0,028	0,030	0,022	0,045	0,032	0,023	0,017	0,025	0,018	0,230	0,206

NOTA. — Avec la *traction animale*, on peut compter de 0 fr. 10 à 0 fr. 12 pour le transport kilométrique du voyageur, avec ou sans bagages, par voitures publiques, et 0 fr. 30 pour le transport kilométrique d'une tonne de marchandises par service de roulage.

Quoiqu'il en soit, les prix de revient calculés montrent que, dès aujourd'hui, la traction mécanique sur routes est en état d'assurer, avec un bénéfice notable, des services de transports réguliers de voyageurs et même de marchandises.

Par exemple : soit un service de ce genre à établir entre une gare et une localité située à une distance que, pour fixer les idées, nous supposerons de 15 kilomètres. Admettons un trafic journalier d'une quarantaine de voyageurs avec bagages, ainsi que quelques messageries et 8 tonnes de marchandises.

Fig. 28. — Omnibus de Dion et Bouton.

Pour les voyageurs et les messageries, les cahiers des charges des tramways stipulent les prix de :

Voyageurs de 1re classe.	Fr. 0,10	par kilomètre
— 2e —	0,06	—
La tonne de messagerie.	0,36	—

Quant aux marchandises, ordinairement elles paient, sur les tramways :

La tonne . .	Fr.	0,16	par kilomètre	pour la	1re classe.
—		0,14	—	—	2e —
—		0,10	—	—	3e —
—		0,08	—	—	4e —

Mais le cahier des charges tout récent du tramway de Vals-les-Bains à la gare d'Aubenas stipule :

La tonne . .	Fr.	0,40	par kilomètre	pour la	1re classe.
—		0,32	—	—	2e —
—		0,30	—	—	3e —
—		0,25	—	—	4e —

FIG. 29. — Omnibus PANHARD et LEVASSOR.

Un véhicule automoteur pourrait faire, chaque jour, trois voyages aller et retour, soit 90 kilomètres. Si l'on suppose un véhicule de 10 à 12 places avec, en moyenne, les $^2/_3$ de ses places occupées, le mouvement correspondant de voyageurs, tant à l'aller qu'au retour, serait bien d'une quarantaine.

Pour les marchandises, un véhicule pouvant porter 3 tonnes, mais ne circulant effectivement qu'avec 2 tonnes en moyenne, pourra faire deux voyages aller et retour chaque jour (soit 60 kilomètres). Il assurera, de la sorte, le trafic supposé de 8 tonnes.

Dans ces conditions, la recette kilométrique journalière sera de :

$$5 \text{ fr. } 17 \left\{ \begin{array}{l} 2{,}85 = 42 \times 0{,}068 \ (1) \\ 2{,}32 = \ 8 \times 0{,}290 \ (2). \end{array} \right.$$

et la recette kilométrique annuelle sera :

$$1\,887 \text{ francs} = 365 \times 5{,}17.$$

Dans le cas d'un tramway, cette recette couvrirait bien juste les frais d'exploitation, même avec une Administration aussi sage et aussi

FIG. 30. — Pauline de DION et BOUTON.

économe que possible. Quant au capital de premier établissement, qu'on ne saurait évaluer à moins de 30000 fr. par kilomètre, l'annuité re-

(1) On doit compter :

0,80 °/₀ de voyageurs de 2e classe à 0 fr. 06	Fr.	0,048
0,20 °/₀ — 1re classe à 0 fr. 10		0,020
	Fr.	0,068

(2) On doit compter :

0,10 °/₀ de voyageurs de 1re classe à 0 fr. 40	Fr.	0,040
0,15 °/₀ — 2e classe à 0 fr. 32		0,048
0,30 °/₀ — 3e classe à 0 fr. 30		0,090
0,45 °/₀ — 4e classe à 0 fr. 25		0,112
	Fr.	0,290

présentant son intérêt et son amortissement resterait entièrement à la charge des budgets du département, des communes et de l'État qui, d'ordinaire, accorde une subvention de moitié. Même au taux très faible de 4 %, la charge annuelle à répartir entre les communes, le département et l'État serait encore de 1 200 francs par kilomètre.

Au contraire, le tableau précédent montre qu'un service régulier, établi avec la plupart des véhicules du concours, donnerait, avec

Fig. 31. — Train Scotte à voyageurs.

cette recette, un bénéfice kilométrique journalier d'environ 0 fr. 80, correspondant à 12 francs par jour pour les 15 kilomètres, soit, par an, 4 380 francs.

Il convient de remarquer que le bénéfice annuel de 4 380 francs est un bénéfice absolument net, puisque nous avons déjà fait intervenir l'intérêt et l'amortissement du capital (1) dans le calcul des prix de revient appliqués pour établir le bénéfice ci-dessus.

---

(1) Le capital engagé ne dépasserait guère 65 000 francs, en y comprenant les diverses dépenses d'installation.

En effet, il peut être évalué de la façon suivante :

Un omnibus automobile de 10 à 12 places, soit . . . . . Fr.	22 000
Un camion automobile pouvant porter 3 tonnes.	20 000
Un véhicule de réserve, par exemple, un véhicule mixte, pouvant,	

Dans l'exemple que nous venons d'étudier, le service pourrait donc être installé sans subvention (1).

On voit l'avantage considérable que les collectivités sont appelées à recueillir de la substitution des automobiles sur routes aux tramways sur rails, toutes les fois, — ce qui arrive souvent, — que le trafic de

Fig. 32. — Camion de Dietrich.

la ligne à desservir est trop faible pour rémunérer le capital de premier établissement d'une voie ferrée.

Les automobiles ont l'avantage de pouvoir tenter l'établissement d'un service régulier sans être, comme un tramway rivé au sol, fatalement forcées de mourir à la peine si le trafic ne répond pas aux prévisions. En outre, elles offrent encore, — le jour où elles ont assez développé le trafic pour justifier la dépense d'établissement d'une

---

à la rigueur, remplacer un des deux autres en cas de réparations, et aussi faire les voyages supplémentaires les jours de grande affluence . . . . . Fr. 21 000

(1) La Commission du budget de 1898 vient de voter, sur la proposition de MM. Descubes et Deloncle, membres de l'Automobile-Club de France, le principe de l'allocation de subventions pour les services réguliers de transport de voyageurs et de marchandises par automobiles sur routes.

voie ferrée, — la possibilité de permettre cette substitution sans perte d'un capital quelconque. Les véhicules automobiles, le jour de l'inauguration du tramway, serviront, en effet, à établir un nouveau service régulier dans une autre direction.

***

Avant de terminer ce trop long rapport, nous croyons utile de dire quelques mots du but que s'est proposé le Comité de l'Automobile-Club en annonçant pour octobre 1898 un nouveau concours des Poids lourds sur les mêmes itinéraires et dans les mêmes conditions.

Quelques concurrents, en effet, se sont émus de cette annonce, croyant y voir une sorte d'avis indirect donné aux intéressés de ne pas se hâter d'organiser des services réguliers de transport avant que ce nouveau concours ait permis de constater certains progrès dans les générateurs, moteurs et autres organes des véhicules.

Telle n'a jamais été la pensée du Comité.

Certes, il n'affirme pas que nul progrès intéressant ne reste à faire; que, dès aujourd'hui, tout est parfait dans toutes les parties des automobiles; mais ce n'est pas une raison pour qu'il croie utile d'engager les intéressés à attendre un matériel plus parfait avant d'établir des services qui peuvent être rémunérateurs avec les véhicules actuels.

Si, dans un an, dans deux ans, des constructeurs apportent des perfectionnements permettant, soit un service plus économique, soit une vitesse commerciale plus grande, rien n'empêchera de les utiliser sur les lignes déjà établies et à trafic assez développé pour exiger un matériel plus parfait.

Les véhicules achetés d'abord serviront à desservir de nouvelles localités, ou bien, légèrement transformés, passeront du transport des voyageurs à celui des marchandises.

N'est-ce pas là, d'ailleurs, ce que nous voyons se produire tous les jours sur les chemins de fer? Une locomotive a été construite pour desservir les trains express : le jour où elle devient insuffisante pour satisfaire le besoin toujours plus grand de vitesse, elle voit une autre locomotive plus puissante, plus perfectionnée, la remplacer pour le service des rapides. Elle descend alors au rôle de machine de train-omnibus jusqu'au jour où une nouvelle venue, en se substituant à la seconde, refoule la première sur une ligne secondaire.

Est-ce qu'on a jamais vu démolir une locomotive?

Il en sera de même des automobiles. De plus perfectionnées se subs-

titueront progressivement à celles achetées d'abord, mais ces dernières ne cesseront pas, pour cela, d'être utilement employées: elles serviront à assurer d'autres services plus modestes où leur valeur, réduite par l'amortissement dans la première entreprise, leur permettra de se contenter d'un trafic plus restreint.

***

En annonçant un nouveau concours des Poids lourds pour octobre 1898, le Comité à voulu faire savoir à tous les constructeurs qu'il

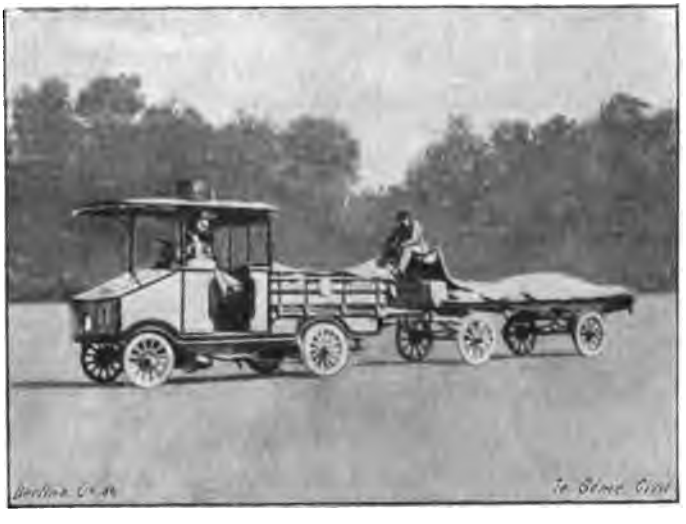


FIG. 33. — Train SCOTTE à marchandises.

mettrait à leur disposition un moyen économique et fructueux de faire apprécier leurs véhicules, par les intéressés : Entrepreneurs de transport et Conseils généraux ou municipaux.

Au lieu d'aller à grands frais dans les départements faire des expériences publiques avec leur matériel, les constructeurs pourront, bien plus économiquement, à Versailles, soumettre leurs véhicules à l'appréciation de ceux qui ont besoin d'en acheter.

Quant à ces derniers, il est évident qu'il sera bien plus intéressant pour eux de venir à notre concours suivre les épreuves simultanées de nombreux véhicules de types différents, que de se borner à regarder

dans leur département fonctionner isolément le matériel d'un seul constructeur.

C'est avec le ferme espoir d'être compris par les constructeurs et les intéressés, que l'Automobile-Club de France leur donne rendez-vous à Versailles pour le mois d'octobre 1898.

Les rapporteurs :

Comte G. DE CHASSELOUP-LAUBAT, *Secrétaire de la Commission.*

G. FORESTIER, *Président de la Commission.*

Ce Rapport a été adopté par la COMMISSION DU CONCOURS dans sa séance du 2 novembre 1897.

Communication en a été donnée par M. JEANTAUD, membre de la Commission, à la **Société des Ingénieurs civils de France**, dans la séance de cette Société du 19 novembre 1897.

Il a été publié *in extenso* dans le **Génie Civil** (n^os^ des 20 et 27 novembre 1897).

CHRONIQUE

N° 216.

SOMMAIRE. — Le moteur thermique rationnel de Diesel *(suite et fin)*. — Le paquebot allemand *Kaiser Wilhelm der Grosse*. — Chute d'un pont de chemin de fer en maçonnerie. — Barrow-in-Furness. — Les constructions navales en Angleterre. — Peinture à l'air comprimé.

Le moteur thermique rationnel de Diesel *(suite et fin)*. — La communication de M. Diesel dont nous avons donné précédemment le résumé se termine par l'exposé des divers avantages que ce moteur réalise sur les moteurs analogues. Nous croyons préférable de ne donner cet exposé qu'après celui des expériences de M. le professeur Schröter, dont les résultats montrent que les revendications de l'inventeur se justifient complètement.

M. Schröter a opéré sur le moteur dont il a été question plus haut, construit par la fabrique de machines d'Augsbourg; ce moteur était placé pour les essais dans un laboratoire pourvu de toutes les installations nécessaires pour la constatation des éléments d'appréciation, le travail indiqué, le travail effectif, la consommation de pétrole, la quantité d'eau de refroidissement et son élévation de température, la température des gaz à l'échappement, la composition chimique de ces gaz, le pouvoir calorifique du pétrole employé et sa composition chimique.

Les éléments relevés sur le moteur sont : le diamètre du piston moteur 250,35 *mm*, sa course 0,3985 *m* donnant un volume de 19,62 *l*; le diamètre de la pompe à air 70 *mm*, sa course 0,20 *m*, soit un volume de 0,769 *l* qui fait 1/25,5 du volume du cylindre moteur.

L'emploi des indicateurs pour apprécier les pressions présentant certaines difficultés à cause des petites dimensions des pistons de ces indicateurs et des pressions élevées, il fallut, surtout pour cette dernière raison, déterminer les échelles avec un soin particulier; les précautions employées sont exposées avec détails dans la communication du savant professeur de Munich.

Les essais ont eu lieu à pleine charge et à demi-charge; en outre un certain nombre de diagrammes ont été pris pendant l'action du régulateur. On a constaté que les diagrammes offraient une très grande régularité, car 50 et même 100 diagrammes tracés sur la même feuille se recouvraient absolument.

Voici un tableau donnant les résultats de quelques essais d'une heure chacun.

NUMÉROS DES ESSAIS		PLEINE CHARGE		DEMI-CHARGE	
		I	II	III	IV
Nombre de tours moyen par minute		171,8	154,2	154,1	158,0
Cylindre moteur.	pression moyenne en kilogrammes	7,44	7,38	5,28	5,15
	puissance indiquée	27,85	24,77	17,71	17,72
Pompe à air.	pression moyenne en kilogrammes	4,38	4,45	4,32	4,43
	puissance indiquée	−1,29	−1,17	−1,14	−1,20
Puissance totale indiquée		26,56	23,60	16,57	16,52

On a mesuré la puissance effective au moyen d'un frein de Brauer monté sur le volant, le poids placé sur le plateau agissant directement par traction par l'intermédiaire d'une corde et d'une poulie de renvoi. Voici les résultats correspondant à ceux du tableau précédent.

NUMÉROS DES ESSAIS	PLEINE CHARGE		DEMI-CHARGE	
	I	II	III	IV
Nombre de tours moyen par minute	171,8	154,2	154,1	158,0
Charge totale du frein en kilogrammes	65	65	35	35
N_e = Travail effectif en chevaux	19,87	17,82	9,58	9,84
N_i = Travail indiqué en chevaux	26,56	23,60	16,57	16,52
$\frac{N_e}{N_i}$ = Rendement organique pour cent	74,8	75,5	57,8	59,6

La diminution du rendement mécanique avec celle du travail est un fait commun à tous les moteurs, le rendement de 75 0/0 à pleine charge est très satisfaisant, et il n'est pas excessif de croire qu'il pourra être augmenté par quelques améliorations dans la disposition des moteurs.

Voici maintenant les résultats constatés relativement à la consommation du pétrole.

NUMÉROS DES ESSAIS	PLEINE CHARGE		DEMI-CHARGE		MARCHE à vide
	I	II	III	IV	V
Durée de l'essai en minutes	60	60	60	60	31
Consommation de pétrole par heure	4,92	4,24	2,66	2,72	1,88
Travail effectif du frein en chevaux	19,87	17,82	9,58	9,84	—
Pétrole par cheval-heure au frein	0,247	0,238	0,278	0,276	—
Pétrole par cheval-heure indiqué	0,185	0,180	0,161	0,165	—

L'inspection de ce tableau montre deux faits remarquables : d'abord la faible consommation de pétrole qui descend au chiffre extrêmement réduit de moins de **250** *g* par heure et par cheval effectif au frein, et aussi la faible augmentation de dépense par cheval, 0,277 au lieu de 0,240, soit 15 0/0 seulement pour la réduction du travail à moitié.

Nous n'entrerons pas dans les détails des observations qui ont été faites sur la température et la quantité d'eau de circulation. Nous nous bornerons à tirer, des tableaux donnés par M. Schröter, quelques chiffres qui suffiront pour donner une idée des valeurs de certains éléments relevés dans les expériences.

NUMÉROS DES ESSAIS	I	II	III	IV
Température de l'eau de circulation à l'entrée	9,83	9,62	9,1	9,35
Température de l'eau de circulation à la sortie	24,26	20,28	18,26	21,49
Augmentation de température.	14,43	11,66	9,16	12,14
Température moyenne des gaz à l'échappement. . . .	404	378	260	260
Pression moyenne au réservoir d'air en kilogrammes .	41,0	42,7	39,6	39,5
Quantité de calories transmises à l'eau de circulation .	19580	17450	12250	12030

La densité du pétrole employé a été trouvée en moyenne de 0,7955. Sa composition chimique était de 85,13 0/0 C, 14,21 H et 0,66 O.

Son pouvoir calorifique a été trouvé de 10.134 calories avec le calorimètre de Junkers et de 10.278 avec la bombe de Mahler. On a adopté pour les calculs la moyenne de 10206 calories par kilogramme de pétrole.

Le bilan calorifique du moteur s'établit donc comme suit :

ESSAIS	PLEINE CHARGE				DEMI-CHARGE			
	absolu	°/₀	absolu	°/₀	absolu	°/₀	absolu	°/₀
Chaleur disponible . . .	50213	100	43273	100	27148	100	27760	100
Équivalent du travail indiqué	16913	33,7	15028	34,7	10552	38,9	10520	37,9
Chaleur transmise à l'eau de circulation	19580	39.0	17450	40,3	12250	45,1	12030	43,3
RESTE.	13720	27,3	10795	25,0	5346	16,0	5210	18,8
Équivalent du travail au frein.	12653	25,2	11348	26,2	6100	22,5	6266	22,6

Le résultat final est résumé dans le tableau suivant, qui donne la proportion utilisée en travail de la chaleur contenue dans le combustible employé.

Régime de marche.	Pleine charge.	Demi-charge.
Transformé en travail indiqué .	34,2	38,5
— — au frein .	25,7	22,4

M. Schröter conclut de ces chiffres que le moteur Diesel se place de suite en tête de tous les moteurs thermiques connus jusqu'à ce jour par son rendement qui atteint, à demi-charge, 38 1/2 0/0 de la chaleur contenue dans le combustible. C'est un triomphe de la théorie qui est d'autant plus brillant que le moteur expérimenté n'est que la première exécution de l'idée fondamentale et qu'on peut attendre encore mieux (1). Et c'est en même temps la revanche de la thermodynamique qu'on a accusée, avec plus ou moins de raison, de n'avoir guère jusqu'ici fait qu'expliquer après coup les progrès réalisés en dehors d'elle dans les moteurs thermiques. On ne peut en dire autant au sujet du moteur Diesel.

Il est intéressant de dire quelques mots de la composition des gaz d'échappement. Nous nous bornerons à donner la moyenne des résultats obtenus à pleine charge et à demi-charge.

Gaz.	Pleine charge.	Demi-charge.
CO^2	9,96	5,95
O.	4,70	11,75
CO	0,20	»
Az	85,14	82,30

On voit que l'excès d'air est plus grand à demi-charge qu'à pleine charge, ce qui était d'ailleurs facile à prévoir par la construction du moteur et son fonctionnement. La combustion est très complète; à pleine charge, les gaz, à leur sortie du tuyau d'échappement, forment de légers brouillards de vapeur très peu visibles qui disparaissent complètement à demi-charge. L'odeur est de plus extrêmement faible.

Nous reviendrons maintenant à la communication de M. Diesel pour indiquer les divers avantages revendiqués par notre Collègue pour son moteur en dehors même de sa faible consommation de combustible:

1° Une première propriété est la très faible augmentation de la dépense avec la diminution de la charge; la consommation par cheval-heure est presque constante dans les limites ordinaires du fonctionnement, ce qui n'est pas le cas dans les autres moteurs thermiques où elle augmente, au contraire, beaucoup à mesure que la charge diminue. Cette propriété a une très grande importance pour les applications industrielles où la constance du taux du travail est très exceptionnelle;

2° Une seconde propriété également fort appréciable est dans les dimensions très restreintes du moteur comparativement aux autres moteurs à explosion. Cela tient à ce que le diagramme a une aire relativement considérable, comme on peut s'en rendre compte par les valeurs

(1) En effet, M. Diesel nous écrivait, à la date du 13 novembre dernier, que, depuis les essais de M. Schröter, la consommation de son moteur était descendue à 211 et 220 *gr* par cheval effectif et par heure, élevant ainsi le rendement à 30 0/0; il espérait même dépasser encore ces résultats.

élevées de l'ordonnee moyenne inscrites dans les tableaux donnés précédemment, 5,15 à 7,44 *kg* par centimètre carré. On peut ainsi réaliser des puissances considérables sans avoir des machines trop lourdes ou trop encombrantes;

TABLEAU A.

NUMÉROS D'ORDRE	MOTEURS	NATURE DU PÉTROLE	TRAVAIL AU FREIN	CONSOMMATION par cheval-heure	RENDEMENT CALORIFIQUE	
					Indiqué	Effectif
		ch		*kg*		
	Locomobiles de 8 à 12 ch.					
1	Altmann	Américain.	8,11	0,378	19,5	15,7
3	Grob	Id.	7,12	0,550	13,7	10,3
4	Hille	Russe.	10,56	0,502	12,3	11,6
5	Langensiepen	Américain.	7,33	0,478	16,1	12,4
6	Schwartzkopff	Id.	8,88	0,463	13,7	12,9
	Locomobiles de 2 à 4 ch.					
8	Grob	Américain.	3,88	0,531	14,7	11,5
11	Seck	Id.	4,40	0,468	17,7	12 »
12	Swiderski	Id.	3,96	0,440	16,4	13,5
	Moteurs fixes de 8 à 12 ch.					
13	Altmann	Américain.	12,10	0,423	18,4	12,4
14	Dürkopp	Id.	8,50	0,456	15 »	12,9
15	König Fried. Aug. Hütte.	Id.	9,80	0,594	10,5	10 »
16	Langensiepen	Id.	7,82	0,518	16,6	11,5
17	Swiderski	Id.	10 »	0,375	15,6	13,2
	Moteurs fixes de 2 à 4 ch.					
18	Butzke	Américain.	4,13	0,562	17,2	10,4
19	Daimler	Id.	3,25	0,609	9,9	9,7
20	Deutz	Russe.	4 »	0,575	10,2	10,2
21	Dürkopp	Américain.	4,46	0,585	9 »	—
22	Hille	Russe.	3,12	0,478	12,7	—
24	Körting	Américain.	4,15	0,600	12 »	9,8
25	Robey	Russe.	1,82	1,19	5,9	5 »
26	Schwartzkopff	Américain.	3,66	0,526	15 »	12,5
27	Seck	Id.	4,23	0,440	23,7	14,2

3° Un troisième avantage est que la machine se règle absolument comme une machine à vapeur, la puissance fournie variant avec l'admission, c'est-à-dire la quantité de combustible injecté. Il y a là une supériorité réelle sur les moteurs à explosion dont le réglage est très difficile et imparfait;

4° Un avantage très important est que le moteur est toujours prêt à marcher. Au moyen du réservoir d'air, on peut le faire partir aussi facilement qu'une machine à vapeur dont la chaudière est en pression;

5° La perfection de la combustion interne prévient tout encrassement dans le cylindre. De plus, les gaz d'échappement sont invisibles et presque sans odeur, à moins que la machine ne soit très chargée;

6° On peut encore ajouter quelques avantages accessoires tels que l'absence de tout système d'allumage, de mélangeurs, pulvérisateurs, vaporisateurs, etc., d'où une grande simplicité dans la construction.

L'auteur fait remarquer encore que, le moteur donnant à peu près les mêmes résultats en petites et en grandes dimensions, il n'est point nécessaire d'avoir de grands moteurs, comme on est conduit à le faire avec les machines à vapeur, et que le principe de la décentralisation, c'est-à-dire l'emploi de petites unités motrices placées près de l'endroit de consommation et supprimant les transmissions et les transports de force, peut être largement appliqué avec de grands avantages.

TABLEAU B.

NUMÉROS D'ORDRE	MOTEURS	TRAVAIL AU FREIN	CONSOMMATION DE PÉTROLE PAR CHEVAL-HEURE		
			Moteur	Lampe	Total
		ch	*kg*		*kg*
	Moteurs mi-fixes de 4 à 6 ch.				
1	Nagel et Hermann	5,1	0,486	0,025	0,511
2	Capitaine	4,5	0,511	0,030	0,541
3	Société française de Vierzon.	5,4	0,593	0,046	0,639
	Moteurs locomobiles de 8 à 12 ch.				
4	Swiderski	8,2	0,484	—	0,484
5	Société française	9 »	0,402	0,024	0,426
6	Hille	9,1	0,568	0,007	0,575

Jusqu'ici nous avons toujours parlé de la marche au pétrole, mais le moteur fonctionne aussi bien avec le gaz d'éclairage et le gaz pauvre. L'emploi de la houille est nécessaire pour donner au moteur la généralité d'application dont il est susceptible. Aussi la fabrique d'Augsbourg a-t-elle construit un moteur de 150 *ch* qui doit fonctionner au gaz pauvre fourni par un générateur du système de notre collègue M. Lencauchez. L'emploi du charbon réduit en poussière est également prévu.

Pour mieux faire apprécier la très faible consommation de combustible réalisée avec le moteur Diesel, nous avons réuni dans le tableau A les consommations de pétrole et les rendements calorifiques rapportés

au travail indiqué et au travail effectif constatés dans des expériences très complètes effectuées par le professeur W. Hartmann sur un grand nombre de moteurs à pétrole et publiées par lui, en 1895, dans la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. Nous avons conservé dans la première colonne les numéros des tableaux du mémoire allemand pour qu'on puisse s'y reporter en cas de besoin.

Nous donnons également dans le tableau B les consommations relevées sur quelques moteurs à pétrole dans des essais faits à Tervueren, pendant la récente exposition de Bruxelles, et que nous avons trouvées dans un travail publié par M. M. Ringelmann dans le *Journal d'agriculture pratique* du 2 septembre 1897. Dans le rapport sur ces essais, la nature du pétrole n'est pas indiquée, mais comme on a employé le même combustible pour tous les moteurs, cela a moins d'inconvénient.

Pour terminer avec le moteur Diesel, nous ajouterons qu'une machine de 150 *ch* vient d'être achevée en France et que les membres de notre Société seront, à bref délai, invités à la voir fonctionner à la suite d'une communication faite par un de nos collègues sur ce moteur.

Le paquebot allemand *Kaiser Wilhelm der Grosse*. — Dans notre Chronique de juillet dernier, page 101, nous avons décrit avec quelques détails, le nouveau paquebot allemand *Kaiser Wilhelm der Grosse*, construit pour la Compagnie du Lloyd de l'Allemagne du Nord par la Société « Vulcan » à Stettin, et qui est le plus grand transatlantique actuellement à flot. Nous ajoutions que bien que les dimensions de ce paquebot fussent supérieures à celles des bateaux de la Compagnie Cunard, *Campania* et *Lucania*, on espérait réaliser une vitesse à peu près égale avec une puissance un peu moindre, grâce à une plus grande finesse des façons de la coque; les espérances ont été largement confirmées, sinon même dépassées, en présence des résultats obtenus dans les quatre premières traversées du paquebot allemand.

A son premier voyage, le *Kaiser Wilhelm der Grosse* a passé devant les Needles (pointe occidentale de l'île de Wight), le 21 septembre, à 2 heures après midi; il est arrivé à Sandy-Hook, après 5 jours, 22 heures, 45 minutes de passage; le parcours étant de 3 050 milles, la vitesse moyenne ressort à 21,36 nœuds. Les parcours successifs par 24 heures sont 208 — 531 — 495 — 512 — 554 — 564 et 186 milles, le parcours de 564 milles en 24 heures est le plus élevé qui ait encore été constaté. Auparavant, le record appartenait au *Lucania* avec 562 milles. La meilleure traversée entre les Needles et Sandy-Hook avant celle dont nous venons de parler, avait été faite en août 1896, par le *Saint-Paul*, en 6 jours 0 heure 31 minutes, soit 1 h. 46 m. de plus.

Entre Queenstown et New-York, le *Campania* a fait une traversée à une vitesse moyenne un peu supérieure à 22 nœuds, mais on fait observer que ce n'est pas à son premier voyage et qu'on ne pouvait pas encore juger de la vitesse définitive du paquebot allemand. L'expérience a prouvé que cette réserve était prudente.

Les journaux américains ont donné le tableau ci-après des meilleures traversées effectuées entre Southampton et New-York par divers paquebots :

Paris	Juillet . .	1893,	6 j.,	9 h.,	37 m.
Columbia.	Octobre. .	— ,	6	15	58
Havel	Novembre	— ,	6	16	5
New-York	Septembre	1894,	6	7	14
Fürst Bismark	Septembre	— ,	6	10	32
Saint-Louis	Août. . .	1896,	6	2	24
Saint-Paul	Août. . .	— ,	6	0	31
K. Wilhelm der Grosse.	Septembre	1897,	5	22	3

A son second voyage, le *Kaiser Wilhelm* est revenu de Sandy-Hook à Plymouth en 5 jours, 15 heures et 10 minutes, ce qui, pour un parcours de 2 962 milles, donne une vitesse moyenne de 21,91 nœuds, augmentation notable sur la traversée précédente. Les parcours journaliers ont été de 307 — 504 — 500 — 507 — 510 — 519 et 55 milles. Le meilleur record précédent pour le même parcours, était celui du *Fürst Bismark*, 6 j., 10 h. et 32 minutes, soit 19 h. et 22 m. de plus.

Dans son troisième voyage, le paquebot a mis des Needles à Sandy-Hook, 6 j. 1 h. et 3 m., pour un parcours de 3 055 milles, d'où une vitesse moyenne de 21,06 nœuds, un peu inférieure à celle de la première traversée dans ce sens. Les parcours journaliers successifs ont été de : 436 — 513 — 434 — 531 — 549 — 567 — 26. C'est le troisième parcours, réduit par suite d'un très fort vent d'ouest, qui a abaissé la vitesse moyenne générale. Un des parcours, celui de 567 milles, était supérieur de 3 milles au meilleur de la première traversée et dépassait de 5 milles le meilleur parcours de 24 heures du *Lucania*.

La vitesse maxima ressort ainsi à 22,8 nœuds, c'est la plus grande qui ait encore été observée sur un transatlantique.

Enfin, à son retour en Europe qui constitue sa quatrième traversée, le *Kaiser Wilhelm* a mis 5 jours 17 heures et 8 minutes de Sandy-Hook à Southampton, ce qui représente une vitesse moyenne de 22,35 nœuds. Les parcours journaliers successifs ont été de 401 — 520 — 513 — 528 — 507 — 71. La traversée dont il s'agit est plus courte de 17 heures et 6 minutes que la meilleure effectuée précédemment, celle du *Saint-Louis*, en septembre dernier.

La vitesse moyenne des quatre voyages effectués jusqu'ici par le nouveau paquebot, ressortirait ainsi à 21,67 nœuds, ce qui le place en tête des paquebots rapides d'aujourd'hui aussi bien que sa dernière traversée effectuée à la vitesse moyenne de 22,35 nœuds.

La consommation de combustible est de 500 tonnes par 24 heures en nombres ronds, soit pour 28 000 *ch.* 0,75 *kg* par cheval indiqué et par heure.

Nous terminerons par un détail original. Les Américains n'ont pas vu sans quelque dépit leurs paquebots *Saint-Paul* et *Saint-Louis* laissés très en arrière, sur le même parcours, par le *Kaiser Wilhelm;* d'abord les journaux des États-Unis ont essayé de contester les vitesses de ce dernier; maintenant qu'il n'est plus possible de le faire, ils ont trouvé que, si le paquebot allemand a donné les résultats que nous avons vus, il les doit en très grande partie à ses pompes à air indépendantes, de construction américaine, fournies par la Compagnie Blake, de New-York.

Les marins allemands avaient, dit-on, pu voir et apprécier ces pompes sur des navires de guerre des États-Unis, à la revue navale passée à New-York à l'occasion de l'Exposition de Chicago en 1893, et c'est à la suite de leur rapport favorable qu'on en a muni le *Kaiser Wilhelm*.

Chaque pompe, il y en a une par appareil moteur, a deux cylindres à vapeur verticaux et à double effet de 0,457 de diamètre et 2 pompes à simple effet de 0,457, la course commune est de 1,118 *m*, chaque cylindre à vapeur a sa tige commune avec la pompe à air corpespondante, et les tiges des deux pompes sont réunies par un balancier. Ces pompes donnent un vide de 27 pouces de mercure à l'allure de 15 coups doubles par minute.

Quoi qu'il en soit, les journaux annoncent que le *Saint-Paul* et le *Saint-Louis* vont être immédiatement ramenés aux chantiers de Cramp et Cie, à Philadelphie, où ils ont été construits, afin d'y recevoir les modifications nécessaires pour augmenter leur vitesse en vue de la nouvelle concurrence.

Chute d'un pont de chemin de fer en maçonnerie. — Nous trouvons dans l'*Indian Engineering* des détails sur un accident survenu le 23 septembre dernier sur le réseau de l'État de Mysore, ligne de Bangalore à Mysore, et consistant dans la chute du pont de Mulloor avec un train qui passait sur cet ouvrage d'art.

Ce pont, construit il y a 16 ans, comportait 8 travées, il était fait en maçonnerie. En commençant du côté de Bangalore, on trouve 2 arches de 7,62 *m*, 4 de 8,39 *m* et 2 de 7,62 *m* d'ouverture. Les piles étaient établies sur des puits en briques descendus par dragage intérieur dans le lit de la rivière jusqu'au terrain résistant. Les piles 2 et 6 étaient des piles culées. La pile 5 reposait sur 4 puits de 1,83 *m* de côté dont la base s'appuyait sur le rocher à 6,70 *m* au-dessous du fond de la rivière. La pile 6 était portée par deux puits de 3,35 *m* de côté *supposés* descendus jusqu'au rocher, à 9 *m* de profondeur.

Le lit de la rivière était formé de sable et la vitesse du courant était de 4,50 *m* par seconde.

Le train parti de Bangalore à 9 h. 25 du soir, fut en partie précipité dans le fleuve. Voici quel était l'état des choses, lequel a pu être constaté presque immédiatement après la catastrophe (le lendemain matin, devons-nous supposer), par un photographe présent dans le train et échappé à grand'peine au désastre.

La pile n° 5 était renversée dans le sens de l'axe du pont. La pile 6, au contraire, qui avait 2,40 *m* d'épaisseur, avait sa moitié renversée dans le sens de l'axe de la rivière. La chute des deux piles avait amené celle des arches 5, 6 et 7.

La locomotive, le tender, le fourgon et quatre voitures de troisième classe étaient entièrement dans l'eau ; la voiture suivante, de deuxième classe, était dans une position à peu près verticale ; une extrémité dans l'eau et l'autre accrochée sur la pile n° 4. Après, venait une voiture de première classe, restée, elle, sur la voie, ainsi que le reste du train. On a retrouvé la toiture et une partie des parois d'une des voitures de troisième, accrochées aux broussailles d'un ilot situé à 400 *m* en aval.

On fut d'abord assez partagé sur l'explication à donner de la catastrophe. On pouvait supposer que la chute du pont avait eu lieu au passage et par suite du passage du train; on pouvait croire également que le pont était tombé d'abord et que le train, dont le personnel plus ou moins inattentif, n'avait rien aperçu de suspect, avait été précipité dans le vide préexistant. Les constatations ont montré que la pile n° 6 avait été affouillée peu à peu par le courant et que la partie suspendue pour ainsi dire en l'air, ébranlée par le passage des trains, avait fini par se détacher. La position des véhicules tombés semble indiquer que ce détachement a eu lieu sous le dernier train en amenant la chute des arches et de la pile voisines.

Au premier moment, étant donné que cinq voitures des classes inférieures étaient tombées dans la rivière, on avait cru à une perte de vies très considérable, on parlait de 50 morts au moins, et on avait présenté cet accident comme la catastrophe la plus sérieuse survenue jusqu'ici sur les chemins de fer de l'Inde. Heureusement, paraît-il, les voitures précipitées contenaient peu de monde, car le nombre des morts constaté définitivement, ne dépasse pas 16, dont 4 employés du chemin de fer.

Barrow-in-Furness. — Dans une notice nécrologique sur Sir James Ramsden, insérée dans le tome CXXIX des *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, on trouve d'intéressants détails sur la création et le développement de la ville industrielle de Barrow-in-Furness, création et développement dus en très grande partie à cet ingénieur distingué.

Barrow n'était qu'un petit village de pêcheurs comptant au plus une centaine d'habitants. On exploitait des minerais de fer à peu de distance, à Lindal. Ces minerais étaient apportés de la mine dans des tombereaux dont on voyait des files de plus de 1 500 *m* de longueur sur la route entre Lindal et Barrow. A ce dernier endroit, le minerai était mis en tas au bord de la mer au-dessus du niveau des hautes marées et on le transportait sur des brouettes jusqu'au bout d'une estacade en bois à laquelle accostaient de petits navires qui échouaient à basse mer. Le trafic ne dépassait pas 3 000 tonnes par an; ces minerais étaient envoyés pour la plus grande partie dans le Pays de Galles.

En 1846, on construisit le chemin de fer de Barrow à Dalton et à Kirkby dont M. James Ramsden fut le directeur.

Cette ligne était établie sur une échelle modeste, le personnel surtout était très restreint, car on raconte que M. Ramsden, à la fois directeur et secrétaire, dut un jour faire l'office de mécanicien pour remplacer le titulaire qui était en état d'ivresse.

Le chemin de fer n'avait, du reste, à peu près rien à transporter et son directeur employait, disait-on, ses loisirs, à établir les plans d'une ville devant avoir 100 000 habitants. Ce serait toujours resté à l'état de projet plus ou moins chimérique, sans un événement qui changea complètement la face des choses. MM. Schneider et Hannay qui exploitaient à bail les minières de Lindal, découragés de voir que le trafic ne se développait pas, étaient sur le point de renoncer à l'exploitation, mais

en 1856, avant d'abandonner complètement l'affaire, ils firent par acquit de conscience, quelques sondages à Barrow, et ces sondages révélèrent l'existence à une faible profondeur, d'énormes gisements d'hématite qu'on mit immédiatement en exploitation. On pensa peu après (1860) à installer des hauts fourneaux pour traiter ces minerais sur place, et plus tard, 1864, des aciéries pour traiter la fonte produite par ces hauts fourneaux. Ces diverses usines furent ensuite amalgamées en une grande société métallurgique sous la présidence du duc de Devonshire et la direction de M. Ramsden. On y faisait d'abord des rails, puis on y installa des fours Siemens-Martin et on produisit des tôles et des fers profilés pour la construction des navires.

La création des industries dont nous venons de parler, avait entrainé le développement des installations maritimes, si rudimentaires à l'origine. Déjà, dès l'établissement du chemin de fer, le développement de l'exportation du minerai avait amené l'emploi de navires de transport d'une catégorie supérieure qui ne pouvaient plus s'accommoder d'un échouage à chaque marée, il avait fallu créer un bassin, et le trafic des charbons nécessaires pour les usines et celui des produits de ces usines avait amené le développement des installations maritimes.

La fréquentation du port rendait nécessaire la création de ressources pour la réparation des navires.

Dès 1867, des services journaliers de vapeurs reliaient Barrow à Belfastet à l'île de Man; ces services sont faits aujourd'hui par le Midland Ry.

Une société fut fondée, vers 1875, pour la construction des navires et des machines, sous la présidence du duc de Devonshire, et reconstituée, en 1882, sur des bases plus étendues et sous le nom de « Naval Construction and Armaments Cy, limited ».

Elle a construit une très grande quantité de navires parmi lesquels beaucoup de premier ordre tels que le *City of Rome*, la *Normandie*, bien connue des Membres de notre Société, qui fut à l'époque le plus grand navire de la Compagnie Générale Transatlantique, et récemment, le croiseur de première classe *Powerful*.

La question de la main-d'œuvre présenta d'abord à Barrow quelques difficultés. Faute de pouvoir donner du travail aux femmes et aux enfants, on n'avait guère que des ouvriers célibataires, plus ou moins nomades et sans attache à la localité. Pour remédier à cet inconvénient, M. Ramsden eut l'heureuse idée d'établir l'industrie du jute pour occuper la partie de la population qui ne pouvait trouver de travail dans les forges et, les ateliers de construction. Cette initiative fut couronnée de succès, et si l'industrie du jute ne se montra pas très profitable par elle-même, elle rendit de grands services à la ville et à l'industrie générale du pays.

En 1865, le duc de Devonshire avait fait construire à ses frais un marché et un hôtel de ville. Barrow fut incorporé comme commune en 1867 et M. Ramsden en fut le premier maire; il occupa ces fonctions pendant 6 ans et fut élevé à la dignité de chevalier en 1872. En 1878, il y avait déjà quatre églises et un moulin à vapeur créé pour attirer le commerce des grains; ce moulin dut être doublé au bout de peu de temps.

De nouvelles lignes de chemins de fer ont été créées notamment pour relier Barrow à Ulverston et à Lancaster.

Sir James Ramsden est mort en octobre 1896 à l'âge de 74 ans. C'était un homme à idées larges et d'une énergie infatigable. On peut en juger par le fait qu'il a su transformer en moins de trente ans un petit village de pêcheurs de 100 habitants en une cité industrielle de plus de 60 000 âmes.

Les constructions navales en Angleterre. — D'après le *Lloyd's Register*, il a été lancé, en 1896, des chantiers du Royaume-Uni, 751 navires dont 696 appartenant à la marine marchande et représentant un tonnage brut collectif de 1 199 751 *tx*, soit une moyenne de 1 660 *tx* par navire. C'est le plus fort chiffre constaté depuis 1890, année où le tonnage total des navires mis à l'eau avait été encore supérieur.

Les 55 navires de guerre donnent un tonnage brut collectif de 163 958 *tx*, soit une moyenne de 3 000 *tx* par navire.

Sur ce chiffre, 8 de 66 370 *tx* ensemble ou 8 300 en moyenne par navire avaient été construits dans les arsenaux du Gouvernement et les 47 autres dans les chantiers de l'industrie privée.

Les statistiques que nous mentionnons font ressortir un fait indéniable, c'est la disparition progressive et rapide de la marine à voiles. Ainsi au 1er janvier 1897, il y avait en construction sur les chantiers du Royaume-Uni 390 navires dont 343 à vapeur d'un tonnage brut collectif de 755 975 *tx*, soit en moyenne 2 200 *tx* par navire et seulement 47 navires à voiles avec 28 736 *tx* ou 600 en moyenne par navire. Ces chiffres étaient, le premier supérieur de 77 657 *tx* et le second inférieur de 4 508 aux chiffres correspondants à la même date de 1896.

Enfin, en septembre dernier, le nombre des navires en construction était de 455, dont 420 vapeurs d'un tonnage collectif de 877 387 *tx*, ou 2 090 par navire en moyenne, et 35 navires à voiles de 6 949 *tx* ensemble ou 170 par navire. Ces chiffres étaient, le premier supérieur de 244 135 *tx* et le second inférieur de 19 460 aux chiffres correspondants de la même période de 1896. Il semble que rien n'est plus éloquent que le rapprochement de ces nombres.

Peinture à l'air comprimé. — Nous avons déjà eu occasion de signaler les applications faites aux États-Unis, de l'air comprimé pour projeter la peinture sur de grandes surfaces et accomplir rapidement et économiquement le travail de l'ouvrier peintre (voir chronique de novembre 1892, page 1021).

Voici un exemple intéressant de ce procédé appliqué par la Turner Machine Cy à la peinture des gazomètres de l'Equitable Gaz Company situés 40e rue et avenue A à New-York.

On abaissa d'abord la cloche et on peignit la calotte et trois feuilles de 0,61 *m* de hauteur sur le pourtour en opérant depuis le sol. On releva ensuite progressivement la cloche à mesure que le travail avançait. Mais, comme on se servait des gazomètres, l'opération devait être fréquemment interrompue, il n'y a à peu près qu'une journée où on a pu travailler d'une manière continue. Ce jour-là, on a peint la calotte

et 18 feuilles sur le pourtour d'un gazomètre de 27,45 *m* de diamètre et autant de hauteur. Le travail a duré de 9 h. 50 du matin à 5 heures du soir.

La surface peinte peut être évaluée à environ 1 550 m^2. Le travail a été fait avec trois hommes et deux projecteurs avec une dépense de main-d'œuvre de 32,50 *f*, soit 0,021 *f* par mètre carré. On a employé à peu près la même quantité de peinture qu'avec le travail à la main. On peut juger de l'économie de ce procédé par le fait qu'un peintre travaillant avec une brosse ne peut couvrir par jour que 120 à 140 m^2 de surface, alors que, dans l'exemple qui vient d'être donné, on a fait 1 500 *m* avec trois hommes, soit 500 m^2 par homme, ou du triple au quadruple.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1897.

Rapport de M. Barbet sur le projet de **plate-forme électrique à deux vitesses**, système Blot, Guyenet et de Mocomble.

Les auteurs se sont proposé d'appliquer le principe de la plate-forme mobile à un circuit fermé, tel qu'un métropolitain circulaire à grand trafic ou un chemin de fer de ceinture et, pour éviter d'avoir une partie mobile trop lourde et par suite une construction d'un prix trop élevé, ils ont eu l'idée de rattacher au sol les mécanismes moteurs. Dans leur projet définitif le système comprend : 1° une première plate-forme mobile à vitesse de 10 kilomètres à l'heure et de 1,30 *m* de largeur roulant sur une voie de 0,90 *m* d'écartement ; 2° une seconde plate-forme marchant à la moitié de la vitesse de la précédente, de 0,80 *m* de largeur, roulant sur une voie de 0,80 *m* et servant d'embarcadère ; 3° un trottoir station de 0,90 *m* de largeur ; 4° une passerelle mécanique portée par des colonnes en fonte et servant à supporter les voies ; 5° des escaliers d'accès pour la montée et la descente des voyageurs.

Le plancher des trucs qui forment chaque plate-forme mobile repose sur des longrines et des traverses fixées à une poutre axiale, laquelle porte, tous les six mètres, sur des galets fixes, les uns moteurs, les autres de soutien. La poutre axiale est articulée pour permettre le passage dans les courbes de 60 *m* de rayon. Le mouvement est produit par l'adhérence de la poutre sur les galets moteurs. Ces derniers sont espacés de 39 *m* les uns des autres et sont actionnés par le moteur général.

La plate-forme à grande vitesse pèsera 217 *kg* par mètre courant ; avec 4 voyageurs à 70 *kg* l'un, le poids ressort à 500 *kg* ; la plate-forme à petite vitesse pèsera 109 *kg* et, avec 2 voyageurs, 250 *kg*. La vitesse de la première est de 2,70 *m* par seconde, celle de l'autre de 1,35 *m*. Avec une résistance moyenne de 3,2 *kg* par tonne, le travail ressort à 5,4 *kgm* pour 1 *m*, soit, pour 4 *km* de développement, 288 *ch*. Avec un rendement de 80 0/0 pour les réceptrices, un de 90 pour la ligne et un de 85 pour les génératrices de la transmission électrique, on trouve pour les machines motrices de l'usine centrale un travail de 472 *ch*. A 4 places par mètre, le débit par heure pourrait atteindre 38 880 voyageurs, débit supérieur à celui d'un chemin de fer.

Revue des **progrès récents de l'industrie minière**, par M. Leproux, Ingénieur des Mines.

Cette revue traite d'un certain nombre de questions intéressantes. L'industrie des mines à l'Exposition de Bruxelles, les appareils destinés à réaliser l'abatage sans explosifs, tels que les bosseyeuses Dubois et

François et les brise-roches système Thomas à aiguille-coin dont plus de 300 étaient en service dans les houillères belges au commencement de cette année. On trouve ensuite la description du baromètre avertisseur des dépressions rapides de MM. Harzé et Closset, destiné à résoudre le problème suivant : « donner l'alarme lorsqu'une dépression correspondante à une descente de *m* millimètres de mercure du baromètre se produit en *n* minutes, *m* et *n* pouvant être réglés suivant les conditions de la mine et les appréhensions de l'exploitant. » L'appareil se compose d'une pendule et de deux baromètres ayant même cadran et leurs aiguilles sur le même axe; une disposition spéciale met en marche une sonnerie lorsque l'écart des deux aiguilles, dont l'une est libre et l'autre libérée périodiquement, atteint une certaine valeur.

Nous signalerons encore divers appareils basés sur l'électricité : allumage électrique des coups de mines, lampe électrique Sussmann, etc., des notes sur les puits de mines de grande profondeur dans les divers pays, au point de vue tant du fonçage que de l'exploitation, câbles, machines d'extraction, évite-molettes, etc., application du système compound aux machines de mines, dégagements instantanés de grisou dans les mines profondes, bocard système Morison, etc.

Les pêches maritimes et l'enseignement professionnel des marins, par M. Perard, secrétaire de la Société « l'Enseignement professionnel et technique des pêches maritimes ».

Le développement de l'usage du poisson dans l'alimentation a amené une exploitation plus intensive des mers et on a dû recourir à l'emploi d'engins plus puissants et de navires de plus fort tonnage. L'auteur décrit les procédés employés pour la capture du poisson, notamment de ceux dont l'application fait l'objet d'une véritable industrie (pêche de la morue, du hareng, de la sardine, etc.), et en déduit les réformes qui devraient être introduites pour développer en France l'industrie des pêches maritimes et améliorer le sort des marins-pêcheurs.

On trouve dans ce travail notamment des détails intéressants sur la pêche au moyen de vapeurs qui n'est pas encore très répandue en France où on ne compte que 54 vapeurs de pêche, dont 20 pour le seul port de Boulogne. L'Allemagne en a 103 actuellement.

La Société pour l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes a pour but principal la création d'écoles de pêche. Elle a fondé une première école à Groix et actuellement il n'y a pas moins de neuf écoles de pêche et des cours d'adultes ont été créés dans divers ports.

Notes de mécanique.

Nous trouvons dans ces notes des articles sur le moteur Diesel, sur la manutention des charbons au lac Erié, sur celle des minerais aux hauts fourneaux, telle qu'elle est pratiquée dans les grandes usines des États-Unis, la poste pneumatique à New-York, d'établissement assez récent et qui ne s'étend encore que sur une longueur de 1 200 *m* entre le Produce Exchange et le General Post Office, un grip pour chemins de fer funiculaire, système Bleichert, une disposition de paliers à galets

système Thierry, dans laquelle les lanternes ordinairement employées pour maintenir la séparation des galets sont remplacées par des rondelles se touchant et folles sur des fusées de petit diamètre, de manière à conserver l'indépendance des galets, et enfin, les tables de laminoirs Potter et Huber, pour l'amenage des lingots.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e trimestre de 1897.

Étude sur la **statistique des jaugeages** effectués dans les principaux bassins français, par M. Bresse, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette statistique des jaugeages effectués sur les divers cours d'eau présente surtout un intérêt documentaire, mais elle est accompagnée d'observations sur les méthodes de jaugeage qui méritent d'attirer particulièrement l'attention. L'auteur après avoir fait remarquer qu'il convient tout d'abord d'écarter complètement les résultats obtenus avec les formules d'hydraulique qui donnent la vitesse moyenne en fonction de la pente et avec lesquelles, en présence de l'incertitude des coefficients, on ne peut obtenir rien de satisfaisant, discute les divers procédés à employer, il se prononce très nettement en faveur du système des flotteurs de surface qui est simple, facile à mettre en œuvre, rapide et à la portée de tous les agents.

Barèmes destinés à faciliter le calcul des ponts métalliques à une ou plusieurs travées. Deuxième partie, Poutres continues, par M. Dupuy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite et M. Cuenot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ces barèmes font connaître la position des foyers et points d'influence pour les poutres continues à 2, 3, 4 et 5 travées, lorsque ces poutres satisfont aux conditions déterminées.

1° Par le titre placé en tête de chaque paragraphe.

2° Par la valeur de α qui représente le rapport de la longueur de la première travée à celle de la seconde.

Ils donnent l'effort tranchant et le moment fléchissant, lorsqu'une ou plusieurs travées sont uniformément chargées ainsi que les équations des lignes d'influence.

Ils donnent, en outre, les ordonnées des lignes d'influence pour des positions du mobile variant de $\frac{l}{20} = 0{,}05\ l$.

Au moyen de ces tables, on peut construire des graphiques semblables aux dessins types et il suffit de placer sur ces graphiques le train dont on veut connaître l'action, en le ramenant à l'échelle $\frac{0{,}20}{l}$ pour 1 *m*, puis

de mesurer les ordonnées correspondantes aux charges et de les multiplier par les rapports indiqués sur les graphiques pour connaître l'action (effort tranchant ou moment fléchissant) produits par le train.

Théorie de la stabilité des locomotives par M. J. NADAL, Ingénieur des Mines.

Ce travail a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous nous en sommes occupé dans les comptes rendus de juillet, page 163, octobre, page 587 et décembre 1896, page 776.

Accidents causés par des ruptures de tubes à fumée de 1888-1896, par M. C. WALCKENAER, Ingénieur des Mines, Secrétaire de la Commission centrale des Machines à vapeur.

Ce travail a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous l'avons examiné dans les comptes rendus de juin 1896, page 810.

(A suivre.)

ANNALES DES MINES

10e livraison de 1897.

Commission du Grisou. — Rapport sur la *lampe de sûreté* à rallumeur système LAUNE, par M. G. CHESNEAU, Ingénieur en chef des Mines.

Cette lampe est une lampe Marsaut ordinaire à laquelle M. Laune a adapté un rallumeur de son invention, composé d'un porte-allumettes, et d'un allumoir. Ce qui caractérise ce dernier, c'est que, en même temps que la manœuvre du pousse-allumettes enflamme celle-ci par frottement sur un ressort rugueux, un organe spécial, manœuvré par le pousse-allumettes, fait basculer l'allumette qui vient se placer horizontalement au-dessus de la mèche et à une très faible distance. Cet appareil présente quelques difficultés d'emploi et l'avis de la Commission du Grisou est que l'application des rallumeurs Laune peut être faite sans danger aux lampes de sûreté agréées par l'Administration, mais, vu la complexité et la délicatesse de ses organes, elle se trouve obligée de faire toutes réserves quant à la possibilité de son emploi courant dans les mines, ce que des expériences pratiques faites dans les chantiers souterrains permettrait seules d'apprécier.

Étude sur les **enclenchements entre leviers** servant à la manœuvre des signaux, aiguilles, etc., de chemins de fer, par feu M. MASSIEU, Inspecteur général des Mines, revue et publiée par M. L. ETIENNE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'auteur expose une méthode qui lui a servi pour l'étude des enclenchements et qui lui parait sûre et d'une application facile.

Cette méthode s'applique principalement aux enclenchements bi-

naires, c'est-à-dire entre deux leviers, lesquels peuvent être directs ou indirects; on les fait figurer dans un tableau à double entrée, analogue à une table de multiplication.

L'étude dont nous nous occupons contient deux parties essentielles. La première partie est consacrée à l'exposé du principe et de la signification des différentes sortes d'enclenchements, en prenant pour type le système bien connu de Vignier qui en est le point de départ.

La seconde partie décrit la méthode dont nous venons d'indiquer le principe pour l'étude des enclenchements et qui permet de se rendre facilement compte de toutes les liaisons directes ou indirectes qu'ils établissent entre les divers leviers d'un même poste.

Cette seconde partie comprend, en outre, la description des dispositions d'un certain nombre de postes d'enclenchements établis sur divers réseaux français.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Septembre 1897.

Congrès de Montluçon du 6 au 11 septembre 1897.

La deuxième journée du congrès (la première étant consacrée à l'installation, aux discours, etc.) comportait la visite des usines de la Société de Saint-Gobain, comprenant la glacerie, la fabrique de produits chimiques et la préparation des superphosphates. On a visité ensuite les forges de Saint-Jacques de la Société anonyme de Châtillon et Commentry.

Les parties les plus intéressantes sont les fours Siemens dont un atteint la capacité de 35 *t*. Une poche, portée par un chariot à moteur hydraulique, peut recevoir le produit de la coulée de trois fours, soit 80 à 100 *t*; nous signalerons encore les pilons employés pour matricer les obus et étamper les canons, un train à blindages avec des cylindres de 1 *m* de diamètre et 4 *m* de longueur de table, un train à poutrelles permettant de faire des pièces de 20 *m* de longueur, et un train à bandages; la machine donnant le mouvement à ces trains est une machine horizontale à deux cylindres conjugués et distribution Corliss, diamètre 1,05 *m*, course 1,80 *m*. A 60 tours par minute, elle développe 1 500 *ch* à 10 0/0 d'admission et 3 000 à 50 0/0, avec de la vapeur à la pression initiale de 5 *kg*. Le volant, coulé d'une seule pièce, a 7,25 *m* de diamètre et pèse 60 *t*. Nous citerons encore deux presses, l'une de 4 000 *t* et l'autre de 1 500, l'atelier de trempe, le polygone où se font les essais d'artillerie et les laboratoires. La journée a été terminée par une conférence faite à l'Hôtel de Ville par M. Villain sur le captage des eaux potables.

La troisième journée a commencé par la visite de la mine de Commentry, où on a remarqué le ventilateur Mortier qui assure l'aérage d'une partie des travaux souterrains. Ce ventilateur de 2,10 *m* de dia-

mètre et 1,60 de largeur donne, à 200 tours, un débit de 32,5 m^3 sur un orifice équivalent de 1,90 m.

Les installations dites *chambres chaudes* pour le changement de costume et la toilette, sont très intéressantes ainsi que les *chauffe-soupes*.

La vapeur pour les machines est fournie par une batterie de douze générateurs. La machine d'extraction est horizontale à deux cylindres de 0,85 m de course et 1,70 m de course avec détente variable Rider agissant par le régulateur. Les bobines pour câbles plats ont 3,30 m de diamètre, le frein est à bande et contrepoids à serrage progressif. On peut faire couramment 3600 bennes en 9 1/4 heures de marche, ce qui correspond à une production de 375 000 à 400 000 t par an.

L'après-midi a eu lieu la visite des forges de Commentry, de la Société anonyme de Châtillon-Commentry, dont la production totale annuelle atteint les chiffres de 45 000 t dont 15 000 de fonte, 10 000 de tôles et 20 000 de barres, fers profilés, fers-blancs, etc.

L'usine comporte une batterie de quatre-vingt-dix fours à coke Appolt, trois hauts fourneaux, les fours et laminoirs, la fabrication du fer-blanc, etc.

La journée s'est terminée par la visite des ateliers de construction de la maison J. Bodard, à Commentry, où on construit du matériel de mines, du matériel fixe de chemin de fer et des appareils pour usines à gaz, etc.

La quatrième journée a été occupée par la visite de l'usine à gaz de Montluçon, de la verrerie Duchet, de l'usine des fers creux Rouard et C^ie^, des hauts fourneaux et fonderie de Montluçon, de la Société de Commentry-Fourchambault et de l'exploitation des kaolins des Colettes, dirigée par notre Collègue, M. J. Hinstin.

La journée s'est terminée par des conférences faites à l'Hôtel de Ville, par M. Boulet, sur un nouveau procédé de fabrication des tubes sans soudure dont il est l'auteur et de M. Prat sur un nouveau système de tirage mécanique des foyers par aspiration à travail constant et de pression variable et enfin de M. Moirand sur les fours à gazogène et récupérateurs, système de Lachomette, de l'usine à gaz de Montluçon.

La cinquième journée a été consacrée à la visite des houillères de Saint-Éloy, à la visite aux recherches de la Bouble et la sixième à la visite de l'établissement thermal de Néris (Allier).

District de Paris.

Séance du 14 juin 1897.

Nous ne pouvons mentionner dans cette séance qu'une communication de M. Dupuis sur la distribution des déformations dans les métaux et une de M. Brard sur les charbonnages du Tonkin, ainsi que des informations données par MM. Lencauchez et Pourcel sur les moteurs à gaz de grande puissance. Le procès-verbal ne contient que l'indication sans aucun détail de ces communications qui seront publiées ultérieurement.

OCTOBRE 1897.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 2 octobre 1897.

Communication de M. BRUSTLEIN sur les progrès réalisés dans la **construction du matériel de guerre**, par MM. JACOB HOLTZER et C^ie^.

Cette note étudie successivement l'acier puddlé et les blindages et projectiles. Dans cette dernière question, une ère nouvelle a été ouverte par la fabrication des plaques compound ou en acier fondu forgé à la place des plaques en fer et par celle des projectiles de rupture. Avec ces derniers, on a pu employer des canons de moindre calibre, ce qui modifie toute l'orientation des idées qui président tant à la construction des canons que des flottes cuirassées. Les aciéries d'Unieux peuvent revendiquer la réalisation de ce progrès dont la première manifestation remonte à 1884 où, à Gâvres, un obus de Jacob Holtzer et C^ie^, de 0,34 *m* de diamètre, traversa, en restant entier, une plaque en acier fondu forgé du Creusot, de 0,400 *m* d'épaisseur.

La supériorité de ces projectiles tenait : 1° à l'emploi de l'acier chromé que les aciéries d'Unieux ont été les premiers à fabriquer et 2° à une trempe aussi énergique que possible, appliquée à l'ogive presque entière des projectiles.

La communication se termine par quelques considérations sur les plaques Harvey et les obus à coiffes qui traversent les premières d'une épaisseur allant jusqu'à une fois et demie le calibre du projectile.

Note sur un perfectionnement apporté à **la production de l'acétylène**, par MM. H. HAUSSER et J. REVILLA, Ingénieurs au corps espagnol des Mines.

On peut diviser en deux classes les appareils proposés ou essayés jusqu'ici pour la préparation de l'acétylène par la réaction de l'eau sur le carbure de calcium : 1° ceux dans lesquels l'eau arrive plus ou moins divisée sur le carbure de calcium et 2° ceux, au contraire, dans lesquels on projette le carbure dans l'eau.

Dans les premiers, on peut facilement régler la production, mais on ne peut pas assurer suffisamment l'abaissement de la température et on n'utilise pas entièrement le carbure.

Avec les seconds, on ne peut pas régler l'arrivée du carbure et il se produit des élévations partielles de température, de plus, l'agglutination du carbure empêche aussi sa bonne utilisation.

MM. Serpollet et Letang ont eu l'idée d'englober le carbure dans du glucose pour ralentir et régulariser la production du gaz et l'arrêter même au besoin. Les auteurs ont cherché des perfectionnements dans une voie analogue en employant, en outre, pour l'attaque du carbure, au lieu d'eau pure, un mélange d'eau et de glycérine. Ils mélangent d'abord le carbure avec de la glycérine, de manière à en former une pâte et ils attaquent cette pâte avec un mélange de glycérine et d'eau.

On peut, après l'opération, retrouver la glycérine qui s'est combinée avec la chaux, en traitant le glycérate de chaux par un courant d'acide carbonique, ce qui ne présente aucune difficulté.

Ce procédé permet la production lente et continue de l'acétylène, ce qui rend son emploi pour l'éclairage complètement inoffensif, en écartant toutes les causes de dangers qui ont, jusqu'ici, singulièrement arrêté le développement de l'emploi de ce gaz.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de septembre-octobre-novembre 1897.

Note sur un **nouveau régulateur à frein électrique**, par M. E. H. Rieter, Ingénieur à Winterthur.

La régularisation de la marche des turbines dites à haute pression dans lesquelles il ne passe qu'un volume d'eau relativement faible, n'offre, en général, pas de difficultés; on arrive à maintenir une vitesse régulière à 1 0/0 près, avec de brusques variations de charge atteignant jusqu'à 50 0/0 de la charge normale.

Par contre, il est beaucoup plus difficile de régler la vitesse des turbines à volume d'eau considérable qui sont les plus répandues. On est obligé de recourir à l'emploi de freins absorbant momentanément une partie de l'énergie.

Le frein qui fait l'objet de cette note agit de cette manière; il repose sur le principe suivant: une masse de fer se meut dans un champ magnétique et devient, par conséquent, le siège de courants électriques qui tendent à s'opposer au mouvement. La masse de fer s'échauffe sous l'action de ces courants et l'énergie absorbée par le frein se trouve ainsi transformée en chaleur. Le refroidissement s'opère uniquement par la rotation de la masse dans l'air ambiant avec une grande surface de refroidissement. L'appareil entre en jeu sous l'action d'un régulateur très sensible. La note donne les résultats d'essais faits avec cet appareil en comparaison avec un frein hydraulique sur lequel il a montré une réelle supériorité.

Note sur des **essais d'anthracite anglais** faits à l'usine du secteur de Clichy, à Paris, par M. Aug. Lalance.

L'usine du secteur de Clichy qui a 12 grandes chaudières pouvant développer à certaines heures du jour 4 000 *ch*, a dû se préoccuper de la gêne causée aux voisins par la fumée. On a essayé le coke qui n'a pas donné de bons résultats, surtout par son inégalité de qualité. Les appareils fumivores essayés n'ont pas beaucoup mieux réussi. On a cherché alors à résoudre le problème par l'emploi d'anthracite anglais. La fumivorité a été absolue et la conduite des feux plus facile et moins fatigante qu'avec le charbon.

Quant au prix de revient, on a constaté qu'avec de la houille de Saint-

Charles, du bassin de Charleroi, coûtant 28 *f* la tonne à l'usine, la dépense par kilowatt-heure ressort à 0,07382 *f* avec grilles ordinaires et fumivore Langer et à 0,07458 *f* avec grilles Richards et tirage forcé, tandis qu'elle est de 0,07787 *f* avec l'anthracite. La différence est donc frès faible, et si le prix de l'anthracite peut être réduit à 34 *f*, il y aura un léger avantage en faveur de ce dernier. Les essais vont, du reste, continuer.

Note sur quelques **réactions des dérivés nitrés de l'alizarine** et leur application à l'impression, par M. Jules Brandt et rapport sur cette note par M. G. VAN CAULAERT.

Rapport sur **la Chimie des matières colorantes artificielles** de MM. SEGEWETZ et SISLEY, par M. E. GRANDMOUGIN.

Note sur **la séparation des nitrotoluènes**, par M. G. A. SCHOEN.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

LIVRAISON DU 4 JUIN 1897.

Séance du 3 avril 1897.

Communication de M. DE BRUYN, sur la relation entre la pluie tombée, l'évaporation et le débit des cours d'eau. — L'auteur étudie la formule basée sur les observations faites sur l'Elbe en Bohême et en fait l'application pour les Pays-Bas.

Communication de M. NOLTHENIUS sur les résultats d'essais de poutres en fer et ciment, système Monier. Il conclut que les formules pour la résistance des poutres en bois ou en fer sont applicables aux poutres en fer et ciment avec l'emploi de coefficients d'élasticité appropriés. Il étudie les dimensions à donner aux fers dans ce genre de construction et discute une application de ce système.

Communication de M. PENNINCK sur un système de tuyaux flexibles dit tuyaux câbles, de 0,05 *m* de diamètre, construits par MM. Felten et Guillaume, à Mülheim et employé dans la distribution des eaux d'Amsterdam.

LIVRAISON DU 26 JUILLET 1897.

Étude de M. ORTT sur l'influence du vent et de la pression atmosphérique sur les marées.

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

LIVRAISON DU 6 SEPTEMBRE 1897.

Séance du 8 juin 1897.

Communication de M. BAUCKE sur l'étude microscopique des alliages métalliques. L'auteur donne un aperçu de cette intéressante question de date relativement récente et de ses applications dans l'art de l'Ingénieur.

Communication de M. LINDO sur la nouvelle digue construite pour la protection de la plage de Scheveningue.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 45. — *6 novembre 1897.*

Les chaudières et machines à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne à Leipzig en 1896, par Fr. Freytag *(suite)*.

La poutre en double console, par Luigi Vianello.

L'électricité à bord des vapeurs de commerce, par C. Arldt *(fin)*.

Tuilerie mécanique à Eichicht, près Reichenberg, par C. Schlickeysen.

Groupe de Carlsruhe. — Drague à jet d'eau de Kretz.

Bibliographie. — Les installations électriques à Berlin à la fin de 1896.

N° 46. — *13 novembre 1897.*

Les machines et pompes de la canalisation de Charlottenbourg, par A. Hölken.

Machines-outils pour la fabrication des vélocipèdes, par Paul Möller *(suite)*.

Les chaudières et machines à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne à Leipzig, en 1896, par F. Freytag *(suite)*.

Préparation des minerais de fer magnétiques à Lulea, par Th. Beckert.

Fixation des brides sur les tuyaux, par Busse.

Manchon automatique de sûreté de Viviez.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — La fabrique de machines d'Ehrhardt et Sehmer à Schleifmuhle, près Saarbruck.

Bibliographie. — La vapeur surchauffée, par R. Schenkel.

Correspondance. — Les constructions incombustibles.

N° 47. — *20 novembre 1897.*

Le viaduc de Müngsten, par A. Rieppel.

Les moteurs à gaz, à pétrole et à naphte à l'Exposition de Nijni-Novgorod, en 1897, par R. Kablitz.

Les chaudières à vapeur et les machines à vapeur à l'Exposition in-

dustrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig, en 1896, par F. Freytag *(suite)*.

Coup d'œil sur la question de l'appréciation des résistances propres des machines à vapeur, par H. Braurer.

N° 48. — *27 novembre 1897.*

Fabrique de ciment portland de Wolsk sur le Volga, par C. Naske.

Chauffage et ventilation des nouvelles serres du jardin botanique à Hambourg, par H. Fischer.

Calcul des locomotives compound et leur dépense de vapeur comparée à celle des locomotives ordinaires d'après les diagrammes d'indicateur, par Leitzmann.

Le pont mobile sur la rue Huron à Milwaukee, par Fœrster.

Expériences sur les transmissions par friction.

Explosion d'une chaudière de bateau, par A. Finke.

Variétés. — Enseignement des mathématiques dans les Écoles techniques supérieures.

N° 49. — *4 décembre 1897.*

Le viaduc de Müngsten, par A. Rieppel *(fin)*.

Nouvelles machines pour l'exploitation des mines en Silésie, par H. Dubbel *(suite)*.

Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale près de Harburg, par W. O. Luck *(suite)*.

Calcul des locomotives compound et leur dépense de vapeur comparativement aux locomotives ordinaires, d'après les diagrammes d'indicateur, par Leitzmann *(fin)*.

Variétés. — Prix pour la construction de soupapes de sûreté perfectionnées.

N° 50. — *11 décembre 1897.*

Machines à vapeur surchauffée, par A. Seemann.

Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale près de Harburg, par W. Luck *(suite)*.

Les machines à vapeur et leur emploi pour l'électrotechnique, par Gutermuth.

Le viaduc de Müngsten, par A. Rieppel *(supplément)*.

Groupe de Mannheim. — Cuillère automatique pour excavateurs. — Transport électrique de force.

Variétés. — Ordonnance du Ministère du Commerce de Prusse sur les chaudières à vapeur, en date du 25 mars 1897.

N° 51. — *18 décembre 1897.*

Le train royal hongrois, construit par Ganz et Cie, à Budapest.

Machines à vapeur surchauffée, par A. Seemann *(suite)*.

Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur l'Elbe méridionale, près de Harburg, par W. O. Luck *(fin)*.

Calorimètre de Carpenter pour déterminer le pouvoir calorifique des houilles, par G. H. B. Zahn.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Les torpilleurs. — Les supports à billes.

Variétés. — Enseignement des mathématiques dans les Écoles techniques supérieures.

Correspondance. — Fixation des brides sur les tuyaux, — Album des fers profilés normaux allemands.

N° 52. — *25 décembre 1897.*

Les machines de l'industrie textile aux expositions de l'année 1896, par G. Rohn *(fin)*.

Machines à vapeur surchauffée, par A. Seemann *(fin)*.

Le chemin de fer de la Jungfrau, par F. Hennings.

Aperçu sur la construction des toitures en dents de scie, par Th. Landsberg.

Bibliographie. — Repertorium de la littérature des publications techniques. — Installation et calcul des canalisations électriques, par C. Hochenegg.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

Émile DURAND

PAR

M. Paul JEAN

Émile Durand né à Paris, en 1842, fils d'un mécanicien d'une rare intelligence mais peu fortuné, entra à l'École Centrale au sortir de l'École Turgot; il y obtint le premier diplôme de chimiste de sa promotion.

Il fut chargé deux années de l'intérim du cours de chimie à l'École de Grignon. Sans capital, il n'hésita pas à partir pour les États-Unis comme émigrant; pendant plusieurs années, il s'y employa comme Ingénieur des Mines dans les Montagnes Rocheuses et en Californie; il sut y acquérir une grande expérience qui devait plus tard faire de lui l'ingénieur-conseil en matière de mines si justement apprécié que nous venons de perdre si brusquement.

A son retour en France, il fut chargé d'organiser aux environs de Rouen une fabrique d'alun qu'il quitta pour devenir Ingénieur des Mines de plomb argentifère de Masnaguines (Hérault) où il créa une très florissante exploitation de marbres.

On lui offrit alors la direction technique de la Compagnie française des Diamants du Cap à Kimberley, où il ne craignit pas de se rendre avec femme et enfant en charrette à bœufs, seul moyen de transport usité dans ce pays. Ce fut lui qui fit la cession de la Compagnie française à la célèbre Société de Beers, qui se rendait peu à peu acquéreur de la presque totalité des mines de diamants du globe.

Pendant son premier séjour au Cap il explora le Transvaal dont on peut dire qu'il fut l'un des précurseurs.

Revenu en France, par goût il s'adonna à l'agriculture et vint se fixer aux environs de Paris; mais sa réputation comme Ingénieur des Mines est devenue considérable, il est chaque jour sollicité de visiter de nouveaux gisements, plus particulièrement

de métaux précieux, tout en exerçant la position d'administrateur d'une mine de charbons belges.

Il accepte et remplit à son honneur différentes missions, d'abord sur les bords du Zambèze dont il nous a laissé un trop bref et surtout trop modeste récit; puis dans l'Oural, en Sibérie, dans le Matébéléland, au début de la guerre de ce pays avec l'Angleterre. Sa santé y est malheureusement fort ébranlée par les excessives privations qu'il eut à subir au cours de ce difficile voyage. Cependant peu après, il repart pour une série d'études sur les hauts plateaux du Pérou d'où il rentre en France pour trouver sa chère fille unique déjà atteinte de la terrible maladie qui devait la lui ravir l'année suivante. Le chagrin qu'il en éprouva n'a pas peu contribué à affaiblir sa santé que nous croyions si robuste.

Il y a quatre mois à peine, son amour des voyages lui fait encore quitter la France; il retourne en Californie où il retrouve ses amis d'autrefois, et c'est à San Francisco qu'il est atteint du mal qui devait en peu de semaines le terrasser. Son retour fut un long martyre, sa malheureuse et si vaillante femme le reçoit au Havre presque moribond, peu de jours après il expirait à Saint-Germain où il s'était fixé dans l'espoir de rétablir la santé de sa chère enfant.

Durand fut un travailleur infatigable, d'une intelligence de tout premier ordre, voyant toutes choses très largement; quoique fort occupé, sachant être bon et généreux, toujours aimable même pendant les plus tristes moments de la cruelle maladie de sa fille bien-aimée, et au plus fort des souffrances qui devaient l'enlever à l'affection de sa noble femme et de ses nombreux amis.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1897

Accidents d'ascenseurs. Novembre, 742.

Air (Peinture à l'air) comprimé. Décembre, 944.

Allemands (Les nouveaux paquebots transatlantiques). Juillet, 101 ; — (Le paquebot) *Kaiser Wilhelm der Grosse*. Décembre, 939.

Américaine (Une grande drague). Novembre, 744.

Anciennes chaudières à petits éléments. Juillet, 93.

Angleterre (Le système métrique en). Août, 318; — (Constructions navales en). Décembre, 944.

Artificiel (Histoire de l'éclairage). Août, 315; Septembre, 397.

Ascenseurs (accidents d'). Novembre, 742.

Bakou (Le pétrole à). Octobre, 511.

Barrow-in-Furness. Décembre, 942.

Brouette perfectionnée. Septembre, 401.

Canalisations (Inconvénients des) de vapeur sous les rues. Juillet, 100.

Chaudières (Anciennes) à petits éléments. Juillet, 93.

Chauffe (Relations entre les surfaces de grille et de) et le volume des cylindres dans les locomotives. Août, 311 ; Septembre, 393 ; Octobre, 501.

Chemin de fer (Chute d'un pont de) en maçonnerie. Décembre, 941.

Chine (L'encre de). Août, 320.

Chute d'un pont de chemin de fer en maçonnerie. Décembre, 941.

Condensation (Moyens de réduire le volume d'eau nécessaire pour la) dans les machines à vapeur. Juillet, 96.

Constructions navales en Angleterre. Décembre, 944.

Cylindres (Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des) dans les locomotives. Août, 311 ; Septembre, 393 ; Octobre, 501.

Diesel (Le moteur thermique rationnel de). Novembre, 734 ; Décembre, 933.

Drague (Une grande) américaine. Novembre, 744.

Eau (Moyens de réduire le volume d') nécessaire pour la condensation dans les machines à vapeur. Juillet, 96.

Éclairage (Histoire de l') artificiel. Août, 315; Septembre, 397.

Éléments (Anciennes chaudières à petits). Juillet, 93.

Encre (L') de Chine. Août, 320.

États-Unis (Production minérale des). Juillet, 99.

Fer (Transport maritime des minerais de). Août, 321.

Force motrice à bon marché. Octobre, 512; — (Installations de) hydraulique. Novembre, 741.

Formes (Les plus grandes) sèches du monde. Novembre, 744.

Grille (Relations entre les surfaces de) et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. Août, 311 ; Septembre, 393; Octobre, 501.

Histoire de l'éclairage artificiel. Août, 315 ; Septembre, 397.

Hydraulique (Installations de force). Novembre, 741.

Inconvénients des canalisations de vapeur sous les rues. Juillet, 100.

Installations de force hydraulique. Novembre, 741.

John Haswell. Juillet, 104.

Kaiser Wilhelm der Grosse (Le paquebot allemand). Décembre, 939

Locomotives (Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les). Août, 311; Septembre, 393; Octobre, 501.

Machines (Moyens de réduire le volume d'eau nécessaire pour la condensation dans les) à vapeur. Juillet, 96.

Maçonnerie (Chute d'un pont de chemin de fer en). Décembre, 941.

Maritime (Transport) des minerais de fer. Août, 321.

Métrique (Le système) en Angleterre. Août, 318.

Minerais (Transport maritime des) de fer. Août, 321.

Minérale (Production) des États-Unis. Juillet, 99.

Monde (Les plus grandes formes sèches du). Novembre, 744.

Moteur (Le) thermique rationnel de Diesel. Novembre, 734; Décembre, 933.

Motrice (Force) à bon marché. Octobre, 512.

Moyens de réduire le volume d'eau nécessaire à la condensation dans les machines à vapeur. Juillet, 96.

Navales (Constructions) en Angleterre. Décembre, 944.

Paquebots (Les nouveaux) transatlantiques allemands. Juillet, 101; — (Le) allemand *Kaiser Wilhelm der Grosse*. Décembre, 939.

Peinture à l'air comprimé. Décembre. 944.

Pétrole (Le) à Bakou. Octobre, 511.

Pont mobile à tirage. Août, 320 ; — (Chute d'un) de chemin de fer en maçonnerie. Décembre, 941.

Production minérale des États-Unis. Juillet, 99.

Rayons (Les) Roentgen. Octobre, 509.

Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. Août, 311; Septembre, 393; Octobre, 501.

Roentgen (Les rayons). Octobre, 509.

Rues (Inconvénients des canalisations de vapeur sous les). Juillet, 100.

Surfaces (Relations entre les) de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives. Août, 311; Septembre, 393; Octobre, 501.

Système (Le) métrique en Angleterre. Août, 318.

Thermique (Le moteur) rationnel de Diesel. Novembre, 734; Décembre, 933.

Tirage (Pont mobile à). Août, 320.

Train (Un) rapide. Septembre, 400.

Tramways (Vitesse sur les). Octobre, 506; Novembre, 737.

Transatlantiques (Les nouveaux paquebots) allemands. Juillet, 101.

Transport maritime des minerais de fer. Août, 321.

Vapeur (Moyens de réduire le volume de l'eau nécessaire pour la condensation dans les machines à). Juillet, 96; — (Inconvénients des canalisations de) sous les rues. Juillet, 100.

Vitesse sur les tramways. Octobre, 506; Novembre, 737.

Volume (Moyens de réduire le) de l'eau nécessaire à la condensation dans les machines à vapeur. Juillet, 96; — (Relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le) des cylindres dans les locomotives. Août, 311; Septembre, 393; Octobre, 501.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1897

(Bulletins)

Pages

Adjudication du service des eaux potables de la ville de Belem (séance du 16 juillet). 18

Aide-mémoire de l'Ingénieur et du constructeur-mécanicien *(Analyse de l')*, par M. A. Lavezzari (séance du 19 novembre) 551

Art de l'Ingénieur en Corée *(L')*, par M. Henri Chevalier (séance du 16 juillet) 20

Automobiles sur routes présentées au concours de l'Automobile-Club de France « Les Poids Lourds » *(Les voitures)*. par M. L. Périssé (séance du 5 novembre). Mémoire. . . . . 540 et 636

Automobile. — Concours des Poids Lourds organisé par l'Automobile-Club de France. — *Rapport de la Commission, présenté à la Société des Ingénieurs Civils de France*, par M. Ch. Jeantaud, et observations de MM. E. Lippmann et A. Lencauchez (séance du 19 novembre). Mémoire. . . . . 557 et 831

Barrages d'une grande longueur et grande hauteur soumis à des pressions statiques considérables *(De la résistance des)*, par M. A. Lencauchez. 666

Barre de Rio Grande do Sul *(Rapport de M. Da Costa Couto sur la)*. Lettre de M. E. Badois (séance du 1er octobre). 425

Bibliographies, par A. Mallet . . . . . 407 et 735

Bibliographie, par M. P. Jannettaz 739

Bouclier *(Construction des souterrains par la méthode du)* par M. J.-A. Amiot (séances des 19 novembre et 3 décembre). Mémoire. . . . . 550 et 783

Catastrophe de Bouzey (1re et 2e parties). — *(Conséquences à tirer de l'étude technique de la)*, par M. L. Langlois (séances des 1er et 15 octobre et 19 novembre) . . . . . 426, 435 et 532

Chaudières marines *(Les)* (voir bulletin d'avril 1897). Lettre de M. L. de Chasseloup-Laubat (séance du 1er octobre). 420

Chaudronnerie *(Études de)*, par M. Ch. Fremont. 671

Chemin de fer du Sénégal au Niger, par M. le capitaine Calmel *(Observations au sujet de la communication du 5 mars 1897)*, par M. J.-A. Boyer et M. le capitaine Calmel (séance du 16 juillet) 18

Chroniques, nos 211 à 216, par M. A. Mallet. 93, 311, 393, 501, 734 et 983

Cinquantenaire de l'Institut royal des Ingénieurs Néerlandais, le 31 août 1897 *(Télégrammes échangés à l'occasion du)* (séance du 1er octobre) 424

Cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège *(Avis au sujet du)* (séance du 15 octobre) 433

Cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège *(Compte rendu de la fête du)*, par M. S. Périssé (séance du 5 novembre). Mémoire. . . . . 536 et 654

Cinquantenaire de la Société, en mars 1898 (séance du 15 octobre). 433

Comptes rendus, par M. A. Mallet. . . . . 106, 323, 402, 514, 745 et 946

Compte rendu du voyage de la Société en Belgique, du 10 au 15 septembre 1897, par M. R. Soreau (séance du 1er octobre). Mémoire. . . . . 428 et 562

Concours pour monte-courroie portatif *(Programme d'un)* établi par l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail (séance du 2 juillet). 9

Concours de 1897 de la Société Industrielle du Nord de la France *(Programme des questions proposées pour le)* (séance du 2 juillet). 9

Concours pour la nomination d'un emploi de professeur de dessin et de technologie à l'École nationale pratique d'ouvriers et de contremaîtres de Cluny (Saône-et-Loire) (séance du 1er octobre) 422

Concours pour un projet de palais du Pouvoir législatif fédéral, au Mexique *(Clôture au 30 novembre 1897 du)* (séance du 5 novembre) 535

Congrès de Stockholm en 1897 *(Avis relatif aux conditions de transport des personnes qui se rendront au)* (séance du 2 juillet) 9

Congrès de Stockholm pour l'essai des matériaux en 1897 *(Note et compte rendu)*, par M. le professeur Belelubsky (séance du 1er octobre) . . . . . 426 et 483

Congrès de l'Iron and Steel Institute, à Cardiff, du 3 au 6 août (séance du 2 juillet). 9

Congrès des Sociétés Savantes, à la Sorbonne, en 1898 (séance du 1er octobre) 425

Congrès international de navigation, à Bruxelles, en juillet 1898 *(Avis du 7e)*, par M. J. Fleury. — Désignation de délégués (séances des 1er octobre et 3 décembre). . . . . 423 et 771

Congrès des Naval Architects, en 1897 *(Compte rendu du)*, par M. J. Fleury (séances des 1er octobre et 3 décembre). . . . . 426 et 774

Congrès des Ingénieurs et Architectes Suisses, à Bâle, en 1897 *(Compte rendu du)*. par M. G. Dumont (séance du 1er octobre) . . 426

Congrès international d'hygiène et de démographie, à Madrid, en 1898. — Désignation des délégués (séance du 3 décembre). 771

Congrès de la Société, en mars 1898 (séance du 15 octobre) . . . 434

Décès de MM. Ch. Chuwab, A. Collet, Ch. de Comberousse, G. Delaporte, Ch. Horstmann, A. Levi-Alvarès, F. Paponot, H. Pompon, A. Houlbrat, P.-F. Arbey, L.-F. Dumont, J.-E. Lowe, Ch.-J. Reynaud, P. Rossigneux, E.-M. Durand, A. Goldenberg, A. Lévêque, F. Mollet-Fontaine, J.-F. Lafargue, G.-A.-A. Coste, A.-A.-A. Hovine (séances des 2 et 16 juillet, 1er octobre, 5 et 19 novembre et 3 décembre). . 8, 17, 422, 534, 550 et 770

Décimalisation de l'heure et de la circonférence *(Rapport de la Commission de la Société)* (séance du 2 juillet) 10

Décorations françaises :

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. L. Molinos.

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. H.-E. Hézard, J.-B. Lefèvre, H. Haguet, F. Ladret, A. Le Page, L. Litschfousse, G. Richou, A. Villemer.

OFFICIERS DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : MM. P.-H. Guérin, E.-V. Pierron, Ch. Somasco.

OFFICIERS D'ACADÉMIE : MM. F.-L. Barbier, Ch. Frairrot, A. Rouart, J. Bouichou, L. Soux, G. Despret, L.-H. Féret.

OFFICIERS DU MÉRITE AGRICOLE : MM. R. Berge et A. Moisant.

Décorations étrangères :

GRAND OFFICIER DE L'ORDRE IMPÉRIAL DE L'OSMANIEH : M. Grand-Pacha.

OFFICIER DU NICHAM IFTIKAR : M. R. Guillemant.

(Séances des 2 et 16 juillet, 1er octobre, 5 et 19 novembre et 3 décembre) . . . . . 8, 17, 422, 534, 550 et 770

Don volontaire de 50 *f* à la Société, par M. H. Squilbin (séance du 5 novembre) 535

Eaux souterraines *(Sur la recherche des)*, par M. P. Chalon. 38

École spéciale d'Architecture, le 10 novembre 1897 *(Ouverture de l')* (séance du 5 novembre) 535

Économie sociale *(Ouverture, le 8 novembre, de la session 1897-1898 de la Société internationale des études pratiques d')* (séance du 5 novembre) . 535

Élection des Membres du Bureau et du Comité de la Société, pour l'année 1898 (séance du 17 décembre). 782

Électricité, observées pendant le voyage de la Société en Belgique du 10 au 15 septembre 1897 *(Notes sur les applications de l')*, par M. V. Langlois (séance du 1er octobre). Mémoire . . . 430 et 606

Énergie électrique *(Utilisation des puissances naturelles, transport à grande distance et distribution de l')*, par MM. G. Dumont et G. Baignères (séances des 15 octobre et 5 novembre). Mémoire. . . . . 434, 437 et 535

Exposition des Chemins de fer de l'État Belge, à Bruxelles *(L')*, par M. A. Lavezzari et observations de M. A. Lencauchez (séance du 2 juillet) 13

Exposition de Bruxelles *(Invitation des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Bruxelles, Gand et Louvain, à venir visiter l')* (séance du 16 juillet) 18

Exposition de Turin en 1898 *(Envoi de documents par le Comité franco-italien de l')* (séance du 16 juillet). 18

Exposition de 1900 *(Liste des Comités d'admission à l')* (séances des 5 et 19 novembre, et 3 décembre). . . . . 535, 545, 549 et 770

Exposition de Bruxelles *(Liste des exposants récompensés à l')* (séances des 5 et 19 novembre et 3 décembre) . . . . . 535, 543, 549 et 770

Fluides dans les appareils à force centrifuge *(Étude sur le mouvement des)*, par M. A. Lencauchez (séance du 2 juillet). . . . . 16 et 22

Grue électrique à portée variable, montée sur truck automobile, par M. Émile Evers. 380

Laboratoire d'essai des matériaux *(Examen de la question relative à la création d'un)* (séance du 2 juillet) 10

Lettre de M. Durand (séance du 2 juillet). 9

Machine atmosphérique de Polsounow *(Analyse de l'étude de M. Tchijewski sur la)*, par M. Henri Chevalier (séance du 16 juillet). Mémoire. . . . . 20 et 30

Machines-outils de M. Gustave Richard *(Analyse du nouveau traité de)*, par M. Auguste Moreau (séance du 19 novembre). 556

Médaille d'or décernée à M. A. Lencauchez, par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale (séance du 2 juillet) 8

Membres nouvellement admis. . . . . 6, 419, 532 et 768

Membres nouvellement admis à partir de la première séance du mois d'octobre *(Décision prise par le Bureau et le Comité au sujet des)* (séances des 1er et 15 octobre) . . . . . 420 et 433

Monte-courroie portatif *(Programme d'un concours pour)* établi par l'Association des Industriels de France, contre les accidents du travail (séance du 2 juillet). 9

Monument Giffard *(Don fait à la Société par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts du)* (séance du 19 novembre). 552

Navigation aérienne *(Le problème général de la)*, par M. Rodolphe Soreau. 119

Nominations :

De M. H. Couriot comme membre du Comité des Travaux publics des Colonies (séance du 2 juillet) 8

De membres de la Société comme membres de la Commission supérieure des Expositions rétrospectives des Beaux-Arts et Arts décoratifs (séance du 2 juillet) 9

De M. E. Lippmann, Président de la Société, comme membre de la Commission technique chargée d'étudier les questions se rattachant à l'alimentation de Paris et de la banlieue en eau potable (séance du 16 juillet) 17

De MM. H.-Ch. Bunel et R.-V. Picou, comme membres du Comité consultatif appelé à donner son avis sur les mesures de préservation contre les dangers d'incendie dans l'enceinte de l'Exposition universelle de 1900 (séance du 16 juillet) 17

De M. Louis Martin, ancien Président de la Société, comme Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes (séance du 16 juillet). . 17

De membres de la Société, comme membres du Jury international des récompenses à l'Exposition de Bruxelles (séances des 2 et 16 juillet. . . . . 8 et 18

De M. P.-J. Bodin, comme professeur titulaire du cours de construction de machines (2e année), à l'École Centrale (séance du 1er octobre) 422

De M. E. Bertrand de Fontviolant comme professeur titulaire du cours de résistance des matériaux, théorique et appliquée (2e année), à l'École Centrale (séance du 1er octobre) 422

De M. L. de Chasseloup-Laubat, comme commissaire-adjoint du Gouvernement français au Congrès de l'Exposition de Bruxelles (séance du 1er octobre) 422

De M. A. Lavezzari, comme membre de la Société autrichienne pour le développement des chemins de fer secondaires (séance du 1er octobre) 422

De MM. Léon Appert, A. Poirrier et Denis Poulot, comme membres du Conseil supérieur du Travail (séance du 3 décembre). 770

De MM. A. Charliat, comme professeur à l'École des Hautes Études commerciales (séance du 3 décembre) 770

De membres de la Société comme membres des Comités d'admission à l'Exposition de 1900 (séances des 5 et 19 novembre et 3 décembre) 535, 545, 549 et 770

Notice nécrologique sur M. Ch. de Comberousse, par M. Ed. Lippmann, Président (séance du 1er octobre). 420

Notice nécrologique sur M. Émile Durand, par M. Paul Jean . . 958

Ouvrages reçus . . . . . 3, 411, 527 et 766

Phosphate de chaux dans les départements de Constantine et d'Alger *(Les gisements de)*, par M. L. Chateau (séance du 16 juillet). Mémoire . . . . . 21 et 193

Plancher mobile de la salle des séances (séance du 19 novembre). 551

Planches nos 195 à 206.

« **Poids lourds** » *(Les voitures automobiles sur route présentées au concours de l'Automobile-Club de France)*, par M. L. Périssé (séance du 5 novembre). Mémoire. . . . . 540 et 636

« **Poids lourds** », **organisé par l'Automobile-Club de France** *(Rapport du concours des)*, présenté à la Société par M. Ch. Jeantaud et observations de MM. E. Lippmann et A. Lencauchez et lettre de M. F. Honoré (séances des 19 novembre et 3 décembre). Mémoire. 557, 769 et 831

Prix Daniel Dollfus, décerné à M. J. Garçon, par la Société industrielle de Mulhouse (séance du 1er octobre). 422

Réservoirs du Nil *(Les)*, par M. E. Badois (voir *Bulletin* de juin 1897). Lettres de MM. J. Marié, A. Suais, Ch. Cotard, E. Badois (séances des 2 juillet, 1er et 15 octobre). . . . . 425, 434 et 490

Résistance des matériaux. — Poutres droites à une travée et à appuis simples. — Théorie des convois périodiques et applications, par M. Marcelin Duplaix 331

Russie industrielle *(Compte rendu de l'ouvrage de M. Verstraete, Consul de France en Russie, sur la)*, par M. P. Jannettaz (séance du 3 décembre). 773

Salle des séances *(Observation au sujet de la)*, par MM. S. Périssé et E. Lippmann, Président (séance du 15 octobre). 434

Situation financière de la Société *(Compte rendu de la)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier (séance du 17 décembre), ... 778

Songes chinois *(Les)* de M. H. Chevalier. Analyse faite par M. G. Dumont (séance du 3 décembre) 772

Télégrammes échangés avec les Ingénieurs russes au sujet du voyage de M. le Président de la République, à Saint-Pétersbourg (séance du 1er octobre). 423

Tramways *(La traction mécanique des)* de M. R. Godfernaux. Analyse faite par M. G. Dumont (séance du 3 décembre) 772

Transformateur électrique à haute tension, par M. O. de Rochefort-Luçay (séances des 5 et 19 novembre). . . . . 538 et 549

Travaux publics à exécuter à l'étranger. — *Communiqués des Ministères des Colonies et du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes* (séances des 2 et 16 juillet et 1er octobre). . . . . 9, 18 et 423

Voitures automobiles sur routes présentées au concours de l'Automobile-Club de France « les Poids lourds » *(Les)*, par M. L. Périssé (séance du 5 novembre). Mémoire . . . . . 540 et 636

Voitures électriques de Londres *(Compte rendu de l'inauguration du Service de la Compagnie des)*, par M. F. Lange. 487

Voyage de la Société en Belgique, du 10 au 15 septembre 1897, par MM. R. Soreau et V. Langlois et observations de MM. J. Gaudry et E. Lippmann (séance du 1er octobre). Mémoires . . 428, 562 et 606

Yacht Architecture *(Analyse de l'ouvrage de M. Dixon-Kemp)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat (séance du 2 juillet). 15

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1897.

Pages.

Automobile-Club de France. — Rapport de la Commission sur le concours des « Poids lourds ». — Communication faite à la Société dans la séance du 19 novembre 1897 (bulletin de décembre) 831

Amiot (J.-A.). — Percement des souterrains par la « Méthode du bouclier » (bulletin de décembre) 783

Badois (E.). — Lettres relatives à sa communication sur les réservoirs du Nil (bulletin d'octobre). . . . . 490 et 498

Baignères (G.) et Dumont (G.). — Utilisation des puissances naturelles, transport et distribution de l'énergie électrique (bulletin d'octobre).. 437

Belelubsky (N.). — Note sur le Congrès de Stockholm pour l'essai des matériaux (bulletin d'octobre) 483

Chalon (P.). — Sur la recherche des eaux souterraines (bulletin de juillet). 38

Chateau (L.). — Les gisements de phosphate de chaux dans les provinces de Constantine et d'Alger (bulletin d'août) 193

Cotard (Ch.). — Lettre relative à la communication de M. E. Badois sur les réservoirs du Nil (bulletin d'octobre). 491

Dumont (G.) et Baignères (G.). — Utilisation des puissances naturelles, transport et distribution de l'énergie électrique (bulletin d'octobre) 437

Duplaix (M.). — Résistance des matériaux. — Poutres droites à une travée et à appuis simples. — Théorie des convois périodiques et applications (bulletin de septembre). 331

Evers (E.). — Grue électrique à portée variable, montée sur truck automobile (bulletin de septembre) 380

Fremont (Ch.). — Études de chaudronnerie (bulletin de novembre) . . 671

Jannettaz (P.), — Bibliographie (bulletin de novembre) 759

Jeantaud (Ch.). — Rapport de la Commission sur le concours des « Poids Lourds » organisé par l'Automobile-Club de France. Communication faite à la Société dans la séance du 19 novembre 1897 (bulletin de décembre) 831

Lange (F.). — Compte rendu de l'inauguration du service de la Compagnie des voitures électriques de Londres (bulletin d'octobre). 487

Langlois (V.). — Note sur les applications de l'électricité observées pendant le voyage de la Société en Belgique, du 10 au 15 septembre 1897 (bulletin de novembre) 606

Lencauchez (A.). — Etude sur le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge, pompes centrifuges (bulletin de juillet) 22

Lencauchez (A.). — De la résistance des barrages d'une grande longueur et grande hauteur soumis à des pressions statiques considérables (bulletin de novembre) 666

Mallet (A.). — Bibliographies (bulletins de septembre et de novembre) . . . . . 407 et 755

Périssé (L.). — Voitures automobiles de poids lourds (bulletin de novembre) 636

Perissé (S.). — Compte rendu de la fête du cinquantenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (bulletin de novembre) . . 634

Soreau (R.). — Le problème général de la navigation aérienne (bulletin d'août). 119

Soreau (R.). — Compte rendu du voyage de la Société en Belgique, du 10 au 15 septembre 1897 (bulletin de novembre). 562

Suais (A.). — Lettre relative à la communication de M. E. Badois sur les réservoirs du Nil (bulletin d'octobre). 490

Tchijewsky. — La machine atmosphérique de Polsounow (1765) (bulletin de juillet). 30

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 25734-12-97. — (Encre Lorilleux).

u bouclier

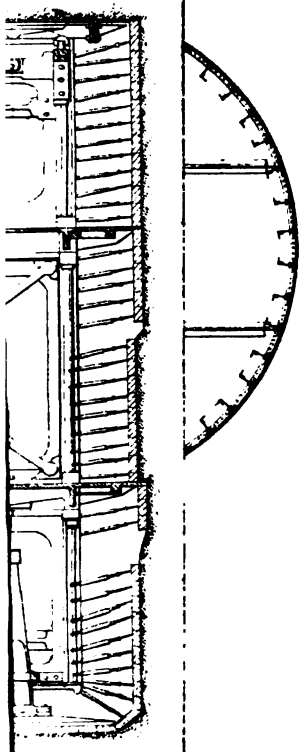


Fig.11. Grue pour le montage des segments en fonte de revêtement

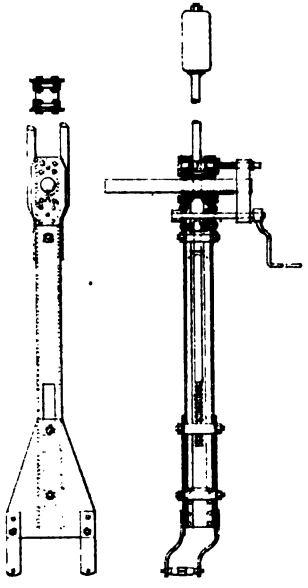
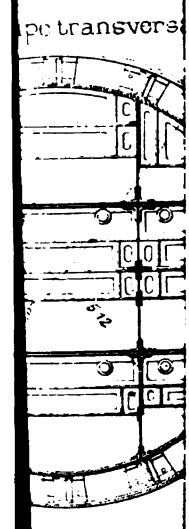
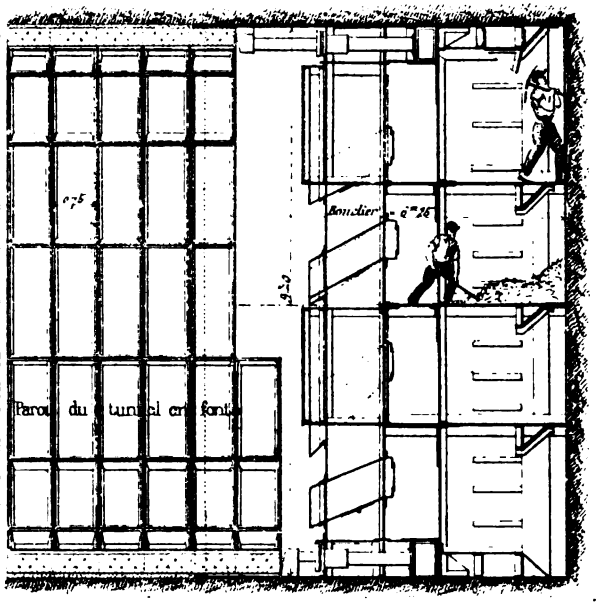


Fig.14. Tunnel de Blackwall
Bouclier de M.M. Pearson and Son
Coupe transversale

pe transvers





e Clichy-As
Fig. 17

Fig. 26. Coupe transversale

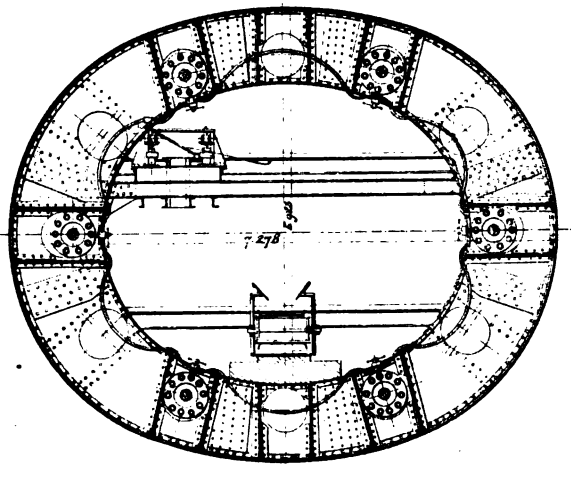


Fig. 23 **7 à 32**. Boucher Berlier
n du siphon de la Concorde

Fig. 28. Coupe par **AB**

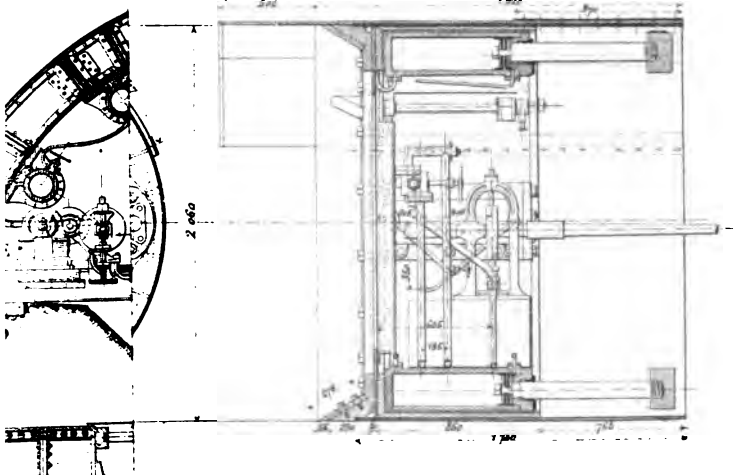


Fig. 30. Coupe par **CD**

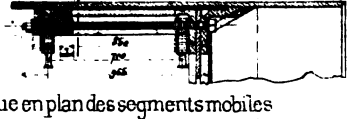


Fig. 32. Vue en plan des segments mobiles

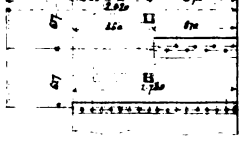
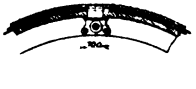



Fig. 31 Coupe par **EF**